JOSÉ MANUEL SÁNCHEZ RON

Querido Isaac, querido Albert



Una historia epistolar de la ciencia

CRÍTICA

Índice

   
You
Tube


SINOPSIS

Reconstruir el pasado es tarea compleja y resbaladiza, no importa qué vertiente de ese pasado nos interese. Los historiadores se basan fundamentalmente en fuentes escritas publicadas, pero existe otro tipo de fuente: las correspondencias. *Querido Isaac, querido Albert* —un guiño a Isaac Newton y a Albert Einstein— reproduce, explicando el contexto en el que fueron escritas, un extenso conjunto de cartas de algunos de los mejores científicos de la historia.

Es imposible dar idea de la variedad de temas que tratan las cartas que aparecen en este libro, tanto en su dimensión humana y personal, como en la científica e institucional, un libro que no tiene paralelo en ningún otro publicado hasta la fecha y que en más de un sentido constituye una historia (parcial) alternativa de la ciencia. Entre los muchos episodios que se tratan, se cuentan, por ejemplo, las cartas que cubren el proceso mediante el cual Edmund Halley convenció, y soportó, al siempre reacio Isaac Newton para que escribiera su inmortal libro de 1687, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*; la dramática carta que Lavoisier escribió en vísperas de ser víctima de la guillotina; las informaciones que Benjamín Franklin dio al presidente de la Royal Society inglesa de las ascensiones aerostáticas que presenció en París; la reacción de Charles Darwin cuando recibió la noticia de que Alfred Russel Wallace había llegado a la misma teoría de la evolución de las especies que él; la que Galois escribió a Auguste Chevalier la noche antes del duelo que acabó con su vida, resumiendo sus innovadoras ideas matemáticas; las que escribió Albert Einstein a su entonces novia, Mileva Maric, y otras a varios corresponsales que muestran la influencia que la filosofía ejerció para llegar a la teoría de la relatividad especial; la carta en la que Max Planck explicaba a Robert Williams Wood el sacrificio intelectual que tuvo que realizar para introducir los cuantos de luz; o una en la que Francis Crick explicaba a su hijo el descubrimiento de la estructura del ADN.

JOSÉ MANUEL SÁNCHEZ RON

QUERIDO ISAAC, QUERIDO ALBERT

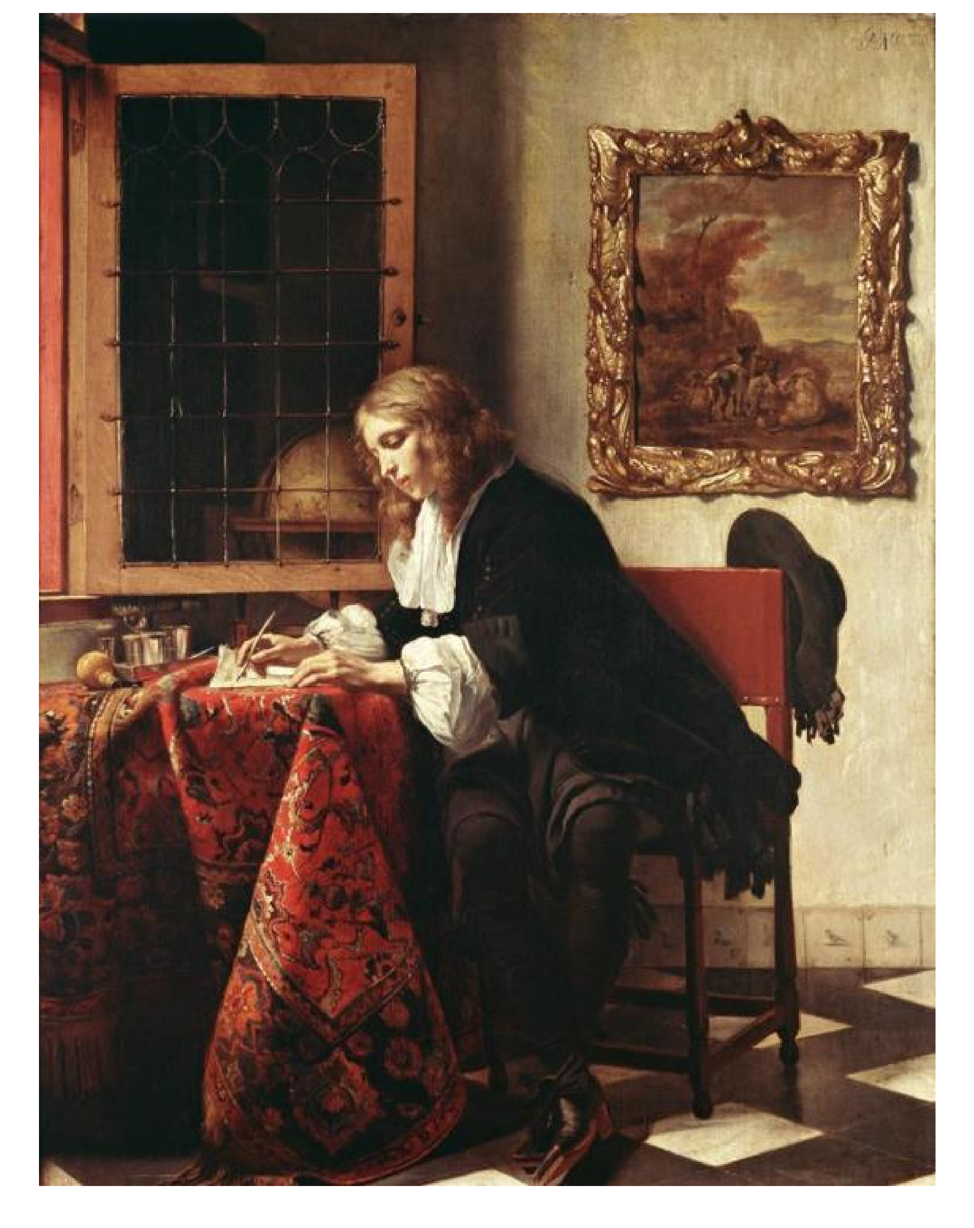
Una historia epistolar de la ciencia



A todos aquellos a quienes la vida les negó la bendición de la escritura y la lectura, y no pudieron escribir cartas. Cartas de recuerdos, compasión, amor, confidencias o ira.

Toda palabra es emisaria. Algunas tienen alas; algunas están
cargadas de fuego; algunas están cargadas de muerte.

MARY OLIVER*



Hombre escribiendo una carta, Gabriel Metsu (*c.* 1662-1665).
© D. Bayes/Lebrecht Music & Arts

INTRODUCCIÓN

La ciencia necesita, probablemente más que cualquier otra disciplina, de intercambios de conocimientos e ideas. Es una empresa comunal que se desarrolla a lo largo del tiempo, afinando y renovando siempre sus contenidos. Esos intercambios se pueden dar —se han dado— de formas diferentes. Antes de la invención de la imprenta de tipos móviles, a mediados del siglo XV (*c*. 1440, Gutenberg), la difusión de la ciencia se llevaba a cabo, bien mediante manuscritos que recogían textos concretos y que podían pasar por diversas manos, copiándose también, o por intercambios directos por vía oral o epistolar. Cuando se dispuso de la imprenta, la circulación de esas obras, en principio en forma de libro, aumentó radicalmente, pero los intercambios personales no sólo no perdieron su importancia, sino que la han conservado, como no podía ser de otra manera. En este tipo de intercambios, la «vía oral» planteaba problemas, ya que requería la coincidencia espacial de los interlocutores, pero tal dificultad no se aplicaba a las cartas enviadas, a la correspondencia…, siempre que no se perdieran en el camino, cuestión ésta que lleva a la de los sistemas postales existentes (volveré a este punto más adelante). La «vía epistolar» ofrecía además varias ventajas. La primera, que era más rápida que la publicación de un libro, o de un artículo cuando aparecieron las revistas científicas. Entre éstas, se puede considerar como la primera las *Philosophical Transactions* de la Royal Society inglesa, que empezó a publicarse el 6 de marzo de 1665. Su creación se inspiró en el *Journal des Sçavans* francés, cuyo primer

ejemplar apareció el 5 de enero de 1665, pero, a diferencia de ésta, se consagró especialmente a experimentos y observaciones científicas. Con posterioridad surgió la alemana *Acta Eruditorium*, que comenzó a editarse en 1682.

Lo que ambas revistas pretendían queda claro en los correspondientes editoriales que aparecieron en sus primeros números. En el del generalista *Journal des Sçavans*, el editor escribía («*L'Imprimeur au Lecteur*»):



Mujer leyendo una carta, Gabriel Metsu (*c*. 1662-1665).
© *Akg-images/Album*

Siendo el diseño de esta revista hacer conocer las novedades en la república de las letras, estará dedicada:

En primer lugar, a un catálogo exacto de los principales libros que se impriman en Europa. Y no se contentará dando simplemente los títulos, como prefieren hacer la mayor parte de los bibliógrafos. […]

En segundo lugar, cuando acabe de morir alguna persona célebre por su doctrina y sus obras, se hará el elogio, dando un catálogo de lo que haya hecho, junto a las principales circunstancias de su vida.

En tercer lugar, se hará saber de los experimentos de física y de química, que puedan servir para explicar los efectos de la naturaleza; de las novedades descubiertas que se realizan en las artes y en las ciencias, al igual que de las máquinas e inventos útiles o curiosos que puedan suministrar las matemáticas; de las observaciones del cielo, de los meteoros y de lo que la anatomía pueda encontrar de nuevo en los animales.

En cuarto lugar, a las principales decisiones de los tribunales seculares y eclesiásticos, las censuras de la Sorbona y de otras universidades, tanto de este reino como de los países extranjeros.

En fin, se tratará de que no falte nada de lo que pasa en Europa que sea digno de la curiosidad de las gentes de letras, para que lo puedan conocer en esta revista. […]

Por su parte, el editorial del primer número de las *Philosophical Transactions*, revista que aparecerá con frecuencia en el capítulo 4, se lee:

Dado que para fomentar el progreso en las cuestiones filosóficas no hay nada mejor que la comunicación de todo cuanto se descubra o ponga en práctica a cuantos dedican a las mismas sus estudios y sus esfuerzos, parece lógico servirse de la imprenta como procedimiento idóneo para complacerles, puesto que su entrega a tales estudios y su pasión por el progreso del saber y las invenciones útiles les hace merecedores de conocer los frutos de cuanto en este reino y en otras partes del mundo se produce, así como del progreso de los estudios, trabajos y ensayos que en estas materias realizan hombres doctos y curiosos, por no hablar ya de sus éxitos y descubrimientos: a fin de que tales logros puedan comunicarse de forma clara y fidedigna, y de cara a la consecución de un conocimiento más seguro y útil, cualquier esfuerzo e iniciativa serán bien recibidos, al tiempo que se invita y alienta a aquellos que estudian y discuten estas cuestiones a que examinen, investiguen y descubran nuevas cosas, a que se transmitan unos a otros los conocimientos y a que contribuyan en la medida de sus posibilidades a la gran empresa del desarrollo del conocimiento natural y del perfeccionamiento de todas las disciplinas filosóficas. Todo ello por la gloria de Dios, el honor y

el progreso de los reinos y el bienestar de toda la humanidad.

La segunda ventaja de las cartas, que fijan el pensamiento, mientras que los intercambios orales son más «volátiles», era, es, que permitían a sus autores ser más espontáneos y más arriesgados en sus planteamientos. Es justo por esa libertad, a la que obviamente no todos los corresponsales deseaban ajustarse, por lo que la correspondencia de los científicos constituye un instrumento precioso para reconstruir con mayor fidelidad el pasado de la ciencia, para evitar ese gran pecado de la historia que representa el anacronismo, el juzgar el pasado desde nuestros criterios y valores actuales. Y no sólo de la historia *de la ciencia*, sino también de la historia *general*, pues los científicos, huelga decirlo, no son ajenos al mundo en que viven. Evidentemente, esas cartas personales, a veces íntimas, también nos enseñan mucho sobre la psicología humana. No es posible entender por completo lo que hicieron y pretendieron los grandes científicos, los responsables de los cambios de dirección o rupturas en la ciencia, ni tampoco las dificultades o facilidades que marcaron sus biografías, sin acceder a su correspondencia privada.

Al tratarse de documentos ajenos a la imprenta, muchas de esas cartas, en número indeterminado, o bien se han perdido, o no se conoce su paradero, o son inaccesibles salvo para unos cuantos privilegiados, habitualmente los descendientes de los autores o los receptores de ellas. Con frecuencia quienes las escribieron o recibieron no las conservaron con cuidado, cuando no las destruyeron (en el capítulo 40 menciono que Weierstrass quemó todas las cartas que

le había escrito Sonya Kovalevskaya tras el fallecimiento de ésta). Otro ejemplo destacado tiene como protagonista a Francis Crick, el codescubridor de la estructura del ADN, del que se había perdido una parte importante de su correspondencia; al final apareció en 2010 en las cajas con los papeles de Sydney Brenner, que había compartido oficina con Crick en Cambridge entre 1956 y 1977, cuando aquel donó sus documentos a los archivos del laboratorio estadounidense de Cold Spring Harbor. Es noticia cuando se descubren cartas de científicos famosos que permanecían en el más profundo cajón del olvido, prestas a desaparecer para siempre. Y no pocas veces esas apariciones súbitas afloran en el mundo de las subastas. El 21 de septiembre de 2015, por ejemplo, la casa Bonhams, de Nueva York, subastó una carta que Charles Darwin escribió el 24 de noviembre de 1880 —veintiún años después de la publicación de *El origen de las especies* y sólo dos antes de su muerte— a un joven abogado de nombre Frederick McDermott, quien se había dirigido a él un día antes pidiéndole que le diera «un sí o un no a la pregunta ¿cree usted en el Nuevo Testamento?». Y Darwin, por lo general reacio a tratar estas cuestiones, contestó, aunque no conocía al peticionario. Su respuesta fue muy breve, pero también muy esclarecedora: «Querido señor: Siento informarle de que no creo en la Biblia como una revelación divina y, por consiguiente, tampoco en Jesucristo como el hijo de Dios. Suyo atentamente, Ch. Darwin». El precio de salida estimado por la casa de subastas fue de entre 70.000 y 90.000 dólares. Se vendió, ¡una sola página!, por 197.000 dólares, triplicando el récord anterior de otra carta suya, de cuatro páginas, que había enviado a una sobrina. Y el

original, no el enviado (lo había conservado Leo Szilard), de la carta que Albert Einstein dirigió en agosto de 1939 al presidente de Estados Unidos, Franklin Delano Roosevelt (reproducida en el capítulo 61), salió a subasta en la casa Christie's de Nueva York el 27 de marzo de 2002 con un precio estimado de entre 800.000 y 1.200.000 dólares.

Y no se trata sólo de los grandes clásicos y héroes de la ciencia, como Darwin o Einstein. En su boletín del 1 de mayo de 2022, «The Manhattan Rare Book Company» de Nueva York ofrecía una carta que el físico y premio nobel Richard Feynman había escrito el 6 de septiembre de 1983 a un tal Stephan Arnold Marcari en respuesta a una que éste le escribió. En ella manifestaba que estaba convencido de que la mente debía ser algo más que una maquinaria de neuronas y le preguntaba qué le parecía la idea, además de pedirle que formase parte de un panel de expertos de «clase mundial» sin prejuicios para evaluarla. La petición era del tipo de las que pocas veces un científico del nivel de Feynman, o incluso mucho menor, considera merecedora de ser respondida, pero él lo hizo:

> La mejor manera de que una idea sea «evaluada» es, simplemente, publicarla libremente y ver lo que la gente sensible dice, o mejor, el resultado de los experimentos destinados a comprobar su validez. Todo ese conjunto de paneles expertos, abogados, panelistas secretos, o autores, etc.; todo eso es estúpido e innecesario. Yo no quiero estar en un panel de ese tipo, pero le agradezco que me considerase merecedor.

Y, a pesar de todo, la carta se ofrecía por 30.000 dólares.

De los azarosos viajes que pueden emprender las

misivas, de los escondrijos en que se ocultan, esperando tal vez que unas manos —y unos ojos— interesados o compasivos las rescaten, yo mismo puedo dar fe, pues en una ocasión encontré una de esas misivas escondidas. Fue en un libro, *Memorial Lectures delivered before the Chemical Society, 1893-1900* (Londres, 1901), comprado a un anticuario extranjero, que incluye estudios sobre la vida y obra de once científicos, no sólo químicos. La mayoría de ellos son personajes muy destacados, como el caso de Hermann Kopp, Charles Marignac, August Wilhelm Hofmann, Hermann von Helmholtz, Louis Pasteur, August Kekulé, Robert Bunsen y Victor Meyer. Algunos de esos ensayos fueron preparados por eminentes investigadores, como William Henry Perkin, pionero en la fabricación de tintes artificiales, o el físico irlandés George Francis Fitzgerald, recordado especialmente por haber postulado, independientemente de Hendrik A. Lorentz y de Albert Einstein, la contracción de longitudes. Al abrir el libro, entre las páginas de la conferencia dedicada a glosar la biografía del químico alemán Victor Meyer (1848-1897), sucesor de Bunsen en su cátedra de Heidelberg, me encontré con una carta, escrita en un magnífico inglés, de un químico de nombre Ernst Ehchard (?). No he podido averiguar nada de él, salvo que en el encabezamiento de su carta escribía «Anilinfabrik, Ludwigshafen am Rhein», es decir, que trabajaba en la empresa química alemana Badische Anilin-und Sodafabrik (más conocida por sus siglas, BASF), que había sido fundada a mediados de 1865 en Ludwigshafen. Fechada el 24 de marzo de 1891, iba dirigida a un químico inglés —un *fellow masonian*, un «compañero masón», escribía Ehchard— de nombre

John Joseph Sudborough, el propietario del libro que llegó a mis manos (lleva su firma). De éste tampoco he podido averiguar mucho, salvo que nació en 1869 y publicó varios libros de química orgánica y al menos 26 artículos en las *Transactions of the Royal Chemical Society*. La carta es interesante porque responde a la petición de Sudborough, que quería ampliar estudios en Alemania, y ofrece una panorámica de los principales centros de investigación química que existían entonces en Alemania, así como las personalidades de sus directores. Pensando en que Sudborough estaba interesado en obtener el título de doctor en Alemania, Ehchard le daba algunos consejos sobre cuáles eran las universidades que tenían mayor prestigio, qué profesores o testimoniales tendrían más valor en Inglaterra, dónde un inglés podría obtener el grado sin problemas y dónde podría aprender mejor química, consejos que no dejan de tener interés para los historiadores de la ciencia. «Si lo que le interesase más fuera aprender química», le aconsejaba que pasase «un año en Aquisgrán con el Profesor [Ludwig] Claisen», con quien «resulta muy agradable trabajar y con quien se aprende mucho»; sin embargo, en Aquisgrán, que contaba con «la ventaja de estar a ocho horas de Londres», no se podía obtener un título. Y continuaba:

> Leipzig ocupa una posición elevada en la estimación pública con sus dos profesores, [Wilhelm] Ostwald y [Johannes] Wislicenus, pero es difícil obtener el grado porque Ostwald guillotina a los orgánicos que no están bien impuestos en química matemática, y Wislicenus hace lo mismo con los matemáticos que han descuidado sus trabajos orgánicos. En Múnich nadie sufre así y puede obtener el grado si permanece el tiempo suficiente.

Pero su recomendación era sobre todo Heidelberg, «la universidad de las universidades en Alemania. […] Heidelberg se enorgullece de un laboratorio orgánico bastante nuevo [esto es, de química orgánica], construido por el nuevo profesor Victor Meyer. […] Estoy seguro de que no se lamentará si va a Heidelberg; la joven sociedad química es realmente útil y muy vigorosa». Y a Heidelberg marchó Sudborough para trabajar con Meyer, del que fue ayudante. De hecho, junto a la carta en cuestión, encontré una nota en alemán firmada por el propio Meyer en la que éste daba testimonio de la estancia del químico inglés con él.

Correspondencias e historia de la ciencia

En uno de sus libros, Alexander Koyré (1892-1964), francés de origen ruso y uno de los grandes maestros clásicos de la historia de la ciencia, explicaba cuáles debían ser las propiedades de la buena historia de la ciencia, y es difícil no ver en su caracterización que las correspondencias constituían uno de los instrumentos más valiosos para tal fin:[1]

> Para la historia de la ciencia, a condición, por supuesto, de que ésta no se entienda como un catálogo de errores o como uno de éxitos, sino como una historia apasionante e instructiva de esfuerzos del espíritu humano en su marcha hacia la verdad, nada puede reemplazar el contacto directo con las fuentes y los textos originales. Sólo esto nos permite percibir la atmósfera espiritual e intelectual de la época estudiada, sólo esto puede permitirnos apreciar en su justo valor los motivos y los móviles que guían y empujan a sus autores, sólo esto puede hacernos comprender el poder de los obstáculos que se erigen sobre el camino difícil, tortuoso, incierto, que les había llevado a abandonar verdades antiguas en el descubrimiento de nuevas verdades.

De manera más concreta, el francés René Taton (1915-2004), otro de los grandes maestros de la historia de la ciencia, resumió la utilidad de las correspondencias científicas en uno de sus artículos, «Les correspondances scientifiques et l'Histoire de la Science»:[2]

> A pesar de las dificultades de transmisión, las cartas han suplido durante mucho tiempo la ausencia de medios cómodos y rápidos de difusión de novedades científicas, como son las revistas. La importancia de estos documentos epistolares se ve reforzada por el hecho de que muy a menudo aportan sobre la génesis, las motivaciones y los azares del descubrimiento científico enseñanzas mucho más directas, precisas y espontáneas que las obras impresas donde las circunstancias de la creación se encuentran a menudo si no disimuladas, al menos mal precisadas.

Especialmente entre los siglos XVI y XVIII, las «redes epistolares» constituyeron medios de comunicación muy importantes para los científicos. En su autobiografía, Johann Bernoulli I (1667-1748) resaltó este punto:[3]

> Esta asiduidad de escribir me ha permitido conocer a muchos sabios de primer orden, que me han querido honrar con su correspondencia. Es así que he comenzado a tratar muy familiarmente a Mr. le Mq. De l'Hospital [l'Hôpital], Mr. Leibniz, Mr. Varignon, Mr. De Montmort, Mr. le chevalier Renau, Mr. de Tsichirnhaus, Mr. Hermann, Mss. los hermanos Scheuchzer, Mr. Michelotti y varios otros cuyo nombre no recuerdo. Son principalmente Mss. De l'Hospital, Varignon, De Montmort y Michelotti quienes quisieron consultarme como su oráculo cuando tenían dificultades sobre la sublime geometría; y el primero de estos señores daba raramente alguna cosa al público que no hubiera pasado antes por mis manos, como testimonia el gran número cartas que me escribió. En cuanto a otros todavía vivos, conocidos en el mundo de los sabios, que me han querido honrar

> con sus cartas, no nombraré más que a algunos; a saber, el famoso Mr. Wolf, Mr. de Moivre, Mr. Burnet hijo de Mr. el obispo de Salisbury, Mr. Craige, Mr. Cheynès, Mr. De Fontenelle, Mr. De Mairan, Mr. De Maupertuis, Mr. Clairaut, Mr. Poleni, Mr. De Crousaz, Mr. Cramer, Mr. Euler, Mr. Bilfinguer, *etc.* Algunos de estos señores todavía mantienen correspondencias conmigo. Si Mr. Newton hubiera vivido más tiempo, no dudo que hubiera querido mantener una correspondencia formal conmigo.

Y antes que este Bernoulli, otro de los grandes científicos del siglo XVII que se manifestó en sentido similar es el físico y matemático neerlandés Christiaan Huygens, que el 4 de enero de 1662 escribía a su hermano Lodewijck:[4] «Creo que estaría muerto hace mucho tiempo si no me hubiera impuesto a mí mismo ser puntual teniendo en cuenta a todos mis corresponsales». A partir de la década de 1660, Huygens se esforzó por ampliar y consolidar sus redes epistolares, en particular en Francia e Inglaterra. Como ha señalado Hans Bots:[5]

> Las redes epistolares de los grandes corresponsales de la República de las Letras —se puede pensar incluso en Bernoulli, Gottfried W. Leibniz, Otto Mencke o Isaac Newton, que también fueron intermediarios culturales en la Europa de los sabios— eran generalmente vastas y se extendían a través de toda Europa, de Uppsala a Nápoles y a partir del siglo XVIII de San Petersburgo a Dublín. Los grandes centros e intermediarios estaban constituidos por París, «ese resumen del mundo» [*abrégé du monde*], Roma, Ginebra, Leiden y Ámsterdam, Londres y Berlín.

La «Revolución de las comunicaciones»

La existencia de las redes epistolares se vio favorecida por el establecimiento de sistemas postales regulares. «Favorecida» no significa que no hubiera habido antes intercambios epistolares. Desde antiguo existieron

«correos» utilizados por reyes, gobernantes o líderes militares. En las *Historias* (Libro I, 157), de Heródoto, por ejemplo, se pueden encontrar referencias a este tipo de comunicaciones: «Pero después Mazares envió mensajeros a Cima, exigiendo que le fuese entregado Pactias». Y en las cartas de Henry Oldenburg, el gran corresponsal del siglo XVII, al que volveré más adelante y que protagoniza el capítulo 4 de este libro, aparecen numerosos comentarios en los que menciona que utilizará algún amigo que viaja para entregar un mensaje o un libro. Pero para alcanzar una cierta seguridad y amplitud en el uso de las correspondencias fue necesario que se organizaran sistemas postales regulares. No se sabe con exactitud cuándo se introdujeron tales sistemas, pero diversos indicios apuntan al gobernante milanés Gian Galeazzo Visconti (1351-1402), duque de Milán y de Lombardía, recordado hoy especialmente por haber sido quien inició la construcción de la catedral de Milán. En años que se corresponden con su mandato (1385-1402), se han encontrado las primeras «plantillas de controles horarios» en la historia de Europa, documentos en los que se detallaban los horarios que cumplían los correos (utilizaban caballos para sus desplazamientos), personas que debían tener no sólo el físico necesario, sino también ser capaces de escribir. Cada uno de estos correos tenía que anotar las cartas y bienes que recibía, transportarlos a la estación postal correspondiente y firmar con su nombre, señalando la hora y día de la entrega.

Los primeros legajos del sistema italiano que se conservan incluían frases que señalaban que se requería la mayor velocidad posible: «*Per postas, cito, cito et fidelis*» («Para el correo, rápido, rápido y

fielmente») o «*Cito, cito, cito, citissime, volantissime*» («Rápido, rápido, rápido, muy rápido, vuela»).[6] La frase «*con la celerità de la stapheta*», donde «*stapheta*» significaba —el diccionario de la Real Academia Española aún recoge este significado— «Postillón que en cada una de las casas de postas aguardaba a que llegase otro con el fardo de despachos, para salir con ellos enseguida y entregarlos al postillón de la casa inmediata», se puede traducir libremente como «con la celeridad de un equipo de correos a caballo». No es de extrañar, por supuesto, que la voz «estafeta» se haya conservado para las oficinas de correos.

Pero el sistema de correos basado en el empleo de caballería era costoso y no se convirtió en un servicio permanente hasta que el hijo de Gian Galeazzo Visconti, Filippo Maria Visconti (1392-1447), se hizo con el poder, que mantuvo desde 1412 hasta su muerte. Funcionó primero en oficinas del ducado de Milán y luego se fue extendiendo por el norte de Italia, hasta llegar a toda Europa en el siglo XVI. Al norte de los Alpes fue introducido por Maximiliano I de Habsburgo (1459-1519), rey de los romanos desde 1483 y emperador del Sacro Imperio Romano-Germánico a partir de 1508. Con el propósito de crear instrumentos para relacionar los dispersos territorios sobre los que gobernaba, en 1490 Maximiliano reclutó a un experto italiano en correos, miembro de la familia Tassis, que había sido responsable de organizar el sistema de correos para Venecia y el papado. En cualquier caso, fue a partir de 1500, y con mayor extensión desde 1600 —esto es, coincidiendo con la Revolución Científica— cuando el sistema postal de comunicaciones se desarrolló realmente, como demuestran el número de estaciones (*staphetas*),

rutas y oficinas postales, caballos (más tarde, coches de caballos) por estafeta y número de empleados en oficinas de correos.[7] En tiempos de Kepler y Galileo, el sistema postal experimentó un gran crecimiento, lo que, además de servir bien a la correspondencia entre científicos, permitió nuevos modos de relación entre éstos, como fue el caso de la distribución por toda Europa de la revista ya mencionada *Philosophical Transactions* de la Royal Society, empresa inicialmente privada de Oldenburg.

Por su repercusión en Norteamérica, es oportuno decir algo específicamente sobre el caso de las islas británicas. En 1657, después de que Oliver Cromwell consiguiese unir los tres reinos de las islas, se creó un sistema postal, el *Postage of England, Scotland and Ireland*, al que se otorgaba el monopolio del envío y la recepción de cartas, al igual que de los puestos de caballos. Tras la Restauración en 1660, el rey Carlos II estableció una Oficina General de Correos (*General Post Office*), a la que siguió en 1707 una similar en Escocia. Pero lo que me interesa señalar es que estos servicios acabaron creándose también en las colonias británicas de Norteamérica. Y esto tuvo consecuencias políticas, pues la existencia de redes postales facilitó la coordinación y comunicación entre los núcleos que querían independizarse del Reino Unido. Sin la existencia de esos servicios postales, esos núcleos habrían permanecido bastante aislados en los extensos territorios norteamericanos, y cada estado, como Virginia o Massachusetts, por ejemplo, habría planteado a Londres sus exigencias por separado, en lugar de actuar conjuntamente. En 1775, durante el Segundo Congreso Continental —la reunión de delegados de trece colonias británicas de la que surgió

un nuevo país, llamado al principio United Colonies y, en 1776, United States of America—, Benjamín Franklin fue designado administrador general de correos, el primero en la historia del servicio postal estadounidense, y que posteriormente y bajo el nombre de Post Office Department fue oficializado en 1792, mediante una *Postal Service Act*.

La organización de los sistemas postales constituyó el que se puede considerar primer paso en la denominada «Revolución de las comunicaciones», de la que forman parte la introducción de la imprenta de tipos móviles, la máquina de vapor utilizada para impulsar trenes o barcos, la telegrafía, los cables submarinos —el transatlántico, que comenzó a operar en 1866, fue particularmente importante—, la «telegrafía sin hilos» pronto denominada «radio», el teléfono, los automóviles, la aviación y, por último, las tecnologías derivadas de la invención del transistor y del láser en conjunción con internet.[8]

Este último desarrollo ha traído consigo el correo electrónico, que ha socavado de manera radical las cartas escritas a mano o mecanografiadas, una pérdida que los historiadores del futuro lamentarán, dada la difícil perdurabilidad de los correos electrónicos (volveré a este punto más adelante). Pérdida para los historiadores de todas las especialidades, por supuesto. Sin embargo, no debemos olvidar que, para un número incontable de personas, entre ellas las «anónimas», que no dejaron huella en los anales del pensamiento «universal», pero que también deben ser objeto de la historia, las cartas constituyeron un inapreciable eslabón que les unían a sus seres queridos y en las que se describían sus condiciones de vida, y esto está por encima del empleo de las

correspondencias para intentar desentrañar la génesis y el desarrollo de la historia de cualquier especialidad. Cartas de este tipo se encuentran en todas partes, como, por ejemplo, en las privadas que escribieron emigrantes al Nuevo Mundo, algunas de las cuales desenterró y reprodujo para el período 1540-1616 Enrique Otte (1923-2006), madrileño, educado en Alemania, doctor bajo la dirección de Ramón Carande y catedrático de Historia de América Latina en la Universidad Libre de Berlín desde 1971 hasta su jubilación en 1984.[9] Cuánta tristeza, cuánto drama hay en cartas como la que un tal Luis de Córdoba escribía desde Puebla el 5 de febrero de 1566 a su mujer, Isabel Carrera, residente en Sevilla. Comenzaba como sigue:[10]

> Señora:
>
> En esta flota de Pedro Meléndez, que haya gloria, recibí una carta vuestra, que me envió Juan Felipe, vuestro vecino, y vi por ella no haber recibido las cartas que había enviado la flota pasada con un vecino de esta ciudad, que se llama Juan de la Calle, que iba por su mujer, y aquí heme con Juan Felipe, el cual me dijo cómo érades vecinos, y que estábades muy buena de salud vos y mi hermana y todos los demás.

Ricos o pobres, poderosos o menesterosos, letrados o analfabetos, aquellos que no sabían ni escribir ni leer, que no habían tenido la oportunidad de acceder a ese mundo en tantos aspectos salvador que es la escritura y la lectura, todos recurrieron a las cartas. Me conmueve recordar a todos aquellos iletrados que, conocedores del valor de la palabra escrita, recurrían a esos personajes humildes y anónimos, olvidados de la historia, redentores de los desvalidos de la escritura de los que todavía quedan

restos: los amanuenses. Desde hace dos siglos, bajo los portales de la bella plaza de Santo Domingo de Ciudad de México, se pueden encontrar escribanos, o como se les denomina coloquialmente «evangelistas», que escriben para aquellos que no saben hacerlo. Sin embargo, algo ha cambiado: lo que hacen la mayoría, acaso todos, es cumplimentar formularios, redactar oficios burocráticos, demandas judiciales u otros textos similares. Podrán saber leer y escribir, pero como tantos otros se pierden en la jungla de la burocracia y necesitan a estos «amanuenses del siglo XXI», con sus «destartalados escritorios, una roída silla y la vieja máquina de escribir, que componen su oficina portátil», como los ha caracterizado Gonzalo Celorio (comunicación personal).

La *Opera omnia* de Euler y las *Oeuvres* de Lavoisier como ejemplos de ediciones extendidas en el tiempo

Abundan los ejemplos de correspondencias editadas, desde las dedicadas a un único científico hasta selecciones de varios.[11] Son relativamente frecuentes las de intercambios entre dos científicos: por ejemplo, las correspondencias —ambas en el siglo XIX— entre los físicos George Gabriel Stokes y William Thomson (lord Kelvin) o entre los matemáticos Charles Hermite y Thomas-Jean Stieltjes.[12] Y no es raro que algunas correspondencias, las de grandes y prolíficos científicos, formen parte de la edición de sus obras completas. Ediciones cuya preparación y publicación puede dilatarse en el tiempo y suponer un considerable trabajo para localizar el mayor número posible de cartas. Así sucedió, por ejemplo, con Leonhard Euler (1707-1783), uno de los matemáticos

más importantes y productivos de la historia de la ciencia. En varias ocasiones él mismo proclamó que había producido tantos trabajos que, después de su muerte, la Academia de San Petersburgo tardaría más de veinte años en publicar una edición completa de sus obras. Si de algo pecó Euler en sus previsiones fue de conservador, pues se tardó más de cuarenta años hasta que su último manuscrito estuvo *preparado* para ser editado en 1830. Se hicieron varios intentos, a la postre fallidos, para publicar la edición de sus obras completas: en Bélgica (1838), San Petersburgo (1844) y Berlín (1903). Finalmente, la edición de la *Leonhardi Euleri Opera Omnia* comenzó en 1911, con 76 volúmenes publicados hasta la fecha. En ellos se incluyen (series I, II y III) los escritos de Euler que él mismo preparó para su edición, mientras que la serie IV A (*Commercium epistolicum*) incluye la correspondencia que envió o recibió (aproximadamente 3.200 cartas, mil de ellas escritas por el propio Euler). El primer volumen de esta serie apareció en 1975 —se trata de un inventario de toda la correspondencia conocida entonces (para cada carta se da un breve resumen, fecha, idioma y localización) —, mientras que el último de los ocho publicados, de los nueve previstos, apareció en 2018.[13]

El caso de Euler muestra también la «jungla» bibliográfica por la que campan las correspondencias. En 1843 se publicaron en la «Imprimerie de l'Académie Imperiale des Sciences» de San Petersburgo dos gruesos volúmenes (672 y 713 páginas) con *Correspondance Mathématique et Physique de quelques célèbres géomètres du XVIIème siècle*, que en realidad estaban formados por cartas que Euler envió a o recibió de Christian Goldbach (177, entre 1729 y

1764), Jean Bernoulli (14; 1728-1746), Daniel Bernoulli (58; 1726-1733) y Nicolás Bernoulli (4; 1742-1743), más las de Goldbach con Nicolás Bernoulli (27; 1721-1723) y de Daniel Bernoulli con Nicolas Fuss (5; 1773-1778).[14]

El caso de Lavoisier no es menos complejo: escribió alrededor de dos mil cartas sobre asuntos privados, científicos o administrativos, que reflejan sus diversas actividades, pues no sólo fue un gran y revolucionario químico, con aportaciones también a la física, sino un alto oficial del Gobierno. La edición de sus *Oeuvres* y de su *Correspondance* fue reclamada en 1836, como una «edición nacional», por el químico Jean-Baptiste Dumas, que la entendía como un «monumento» a quien consideraba su padre espiritual.[15]

Diez años más tarde de la propuesta de Dumas, explicó Patrice Bret:[16]

> Una parte de los archivos familiares [de Lavoisier] entró en la Académie des sciences, pero fue en 1861 cuando el ministro de Instrucción Pública encargó oficialmente a Dumas la publicación, sufragada por el Estado. Las cosas se aceleraron, y en algunos años, el académico editó cuatro volúmenes, agrupando las obras mayores y las memorias de física y química publicadas en las *Mémoires de l'Académie royale des sciences*, así como documentos relativos a la historia natural o la higiene pública, depositados en la Académie des sciences y en el Bureau de consultation des arts-et-métiers. Cuando murió Dumas (1884), Édouard Grimaux, profesor de Química en la École Polytechnique y en el Institut agronomique, tomó el relevo. Publicó los volúmenes V y VI (1892-1893), uno sobre la geología, la química y las pólvoras y salitres, el otro agrupando los informes a la Académie des sciences, así como documentos relativos a cuestiones de economía política, agricultura o finanzas y a la Comisión de pesas y medidas. Esta edición de referencia no fue realizada siempre con el cuidado necesario. Además, quedó incompleta.
>
> Entre las carencias importantes figura la correspondencia, cuya

publicación había sido prevista desde la década de 1890: Grimaux, que la había recopilado y utilizado para su biografía [*Lavoisier, 1743-1794* (París, 1888)], planeaba consagrar a ella un séptimo volumen, pero el *affair* Dreyfus lo enemistó con la familia y murió en 1900. Retomado a finales de la década de 1920 por el ingeniero químico René Fric, el proyecto se retrasó de nuevo por la Segunda Guerra Mundial. La Union Internationale d'histoire et de philosophie des sciences lo relanzó en 1947. Fue tomado a cargo por el Comité Lavoisier, creado en 1948 por la Académie des Sciences. Bajo sus auspicios, René Fric publicó en la editorial Albin Michel la correspondencia de los años 1762 a 1783, en forma de tres fascículos que formaban parte del volumen VII de sus *Oeuvres* (1955, 1957, 1964). Su muerte, en 1970, habría puesto fin a una empresa mal apoyada y muy criticada si René Taton no hubiera intervenido activamente.

En 1975, el interés de René Taton se dirigía precisamente a las correspondencias: organizó un coloquio para resaltar su importancia para la historia de las ciencias [*Les correspondances. Leur importance pour l'historien des sciences et de la philosophie. Problèmes de leur édition. Journées organisées par le Centre international de synthèse*, 5-7 de mayo de 1975]. Desde entonces no cesó de impulsar la edición de las obras de Lavoisier sobre bases intelectuales más sólidas. En 1980, con el apoyo del CNRS [Centre National de la Recherche Scientifique], consiguió recrear el Comité Lavoisier, haciendo que formasen parte de él historiadores de la ciencia de reputación internacional, al lograr un puesto de investigación para Michelle Goupil, encargada de dirigir la edición y que publicó los dos volúmenes siguientes [IV y V] (años 1784-1788). Su muerte en 1993 nos ha conducido a finalizar la edición antes de preparar los volúmenes VI y VII (años 1789-1794), que completan la serie cronológica.

Ese último volumen VII, *Oeuvres de Lavoisier. Correspondance*, que incluía las cartas entre 1792 y 1794, se publicó en 2012, con Patrice Bret como editor (Hermann/ Institut de France-Académie des sciences, París).

Como suele ocurrir con las correspondencias, en ocasiones se encuentran en ellas pasajes memorables por alguna razón, relacionada o no con la ciencia; en el caso de Lavoisier, escribió a su primo Augez de

Villers una carta que me conmueve especialmente —y que reproduzco en el capítulo 12— el día antes de ser ajusticiado en la guillotina, el 18 de floreal del año II (7 de mayo de 1794):

> He desarrollado una carrera razonablemente larga, y de bastante éxito, y creo que mi memoria será acompañada con algunos lamentos, acaso con alguna gloria. ¿Qué más podría haber deseado pedir? Los sucesos de los que me encuentro rodeado probablemente me evitarán los inconvenientes de la vejez. Moriré todo entero, lo que todavía constituye una ventaja que debo contar con respecto a aquellos con los que disfruté. Si experimento algunos sentimientos penosos es por no haber hecho más por mi familia; es por haber sido desposeído de todo y no poderles dar ni a ella ni a vosotros ninguna prueba de mi cariño y agradecimiento.

La Revolución Científica

Una buena parte de las correspondencias de los principales protagonistas de la Revolución Científica —el período de los siglos XVI y XVII en el que se sentaron las bases de la ciencia moderna— ha sido objeto de ediciones, bien dentro de sus *Opera omnia*, como sucede, por ejemplo, con Brahe, Kepler, Galileo o Huygens, o bien por separado, como son los casos de René Descartes (en diversas publicaciones);[17] John Wallis, *Savilian professor* de Geometría en la Universidad de Oxford, del que hasta el momento se han publicado (Oxford University Press) cuatro volúmenes de los ocho programados; Marcelo Malpighi (cinco volúmenes, editados por Howard Adelmann y publicados por Cornell University Press en 1975); Johannes Hevelius (seis volúmenes, de los cuales han aparecido hasta ahora cuatro, el último en 2021; Brepols); John Flamsteed, astrónomo real (tres volúmenes; Institute of Physics Publishing,

1995-1997), o Isaac Newton (siete volúmenes, publicados por Cambridge University Press para la Royal Society entre 1959 y 1977).[18]

Particularmente valiosa en ese transcendental período de la historia de la ciencia es la correspondencia del ya citado Henry Oldenburg (trece volúmenes, 1965-1986), secretario de la Royal Society inglesa desde 1662 hasta su muerte.[19] A través de sus cartas, Oldenburg hacía circular noticias científicas, que también él mismo buscaba, entre la comunidad científica europea, algo en lo que llevaba empeñado antes incluso de formar parte de la Royal Society. Ésta era una tarea para la que Oldenburg estaba particularmente bien dotado, ya que dominaba varios idiomas (latín, francés, italiano, alemán y neerlandés). Además, al estar encargado de la correspondencia de la Royal Society, sus cartas representaban una especie de notaría para certificar descubrimientos. La lista de sus corresponsales —entre los que se encuentran Boyle, Huygens, Leeuwenhoek, Hooke, Newton, Leibniz, Flamsteed, Malpighi, Wallis o Hevelius— constituye un precioso repositorio.

Al igual que Oldenburg y anterior a él, aunque el contenido de su correspondencia no fuese tan interesante excepto las cartas que intercambió con Descartes, otro activo corresponsal fue el sacerdote, matemático y filósofo francés Marin Mersenne (1588-1648): la edición de la *Correspondance du P. Marin Mersenne, Religieux Minime* está formada por diecisiete volúmenes publicados entre 1932 y 1988 (los cuatro primeros por Presses Universitaires de France y los siguientes por Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique).

John Flamsteed se dirige a William Brouncker

Probablemente en mayor medida de lo que sucede con otras épocas, las cartas de los científicos que conformaron la Revolución Científica incluyen informaciones para entender aquel período que difícilmente se pueden hallar en otros lugares. Antes de presentarlos en otros capítulos de este libro y con valor ilustrativo, citaré ahora los primeros pasajes de una carta, fechada el 24 de noviembre de 1669, que el astrónomo John Flamsteed (1646-1719) dirigió a William Brouncker, canciller de la reina, primer *fellow* de la Royal Society y su primer presidente (entre 1662 y 1677). La razón de su carta era claramente proponerse a sí mismo para entrar a formar parte de la Royal Society:[20]

> Entre tantos ilustres nobles y generosos ingenios que han tenido el honor de suscribirse a la Royal Society, encuentro enumerados algunos astrónomos, cuya gloria atestigua nuestra era, nuestras artes y sus defensores, su honor; esto me induce a creer que entre esas ingeniosas artes, que se han considerado ellas mismas merecedoras de estar bajo su patronazgo para esperanza de la mejora de su industria, las ciencias del cielo no son consideradas ni la primera ni la última. Su excelente historia [la de la Royal Society] muestra que no han descuidado los cielos, ni sus empeños para la mejora de las lentes ópticas, animando a que se trabaje en ellas, lo que demuestra con claridad el alto respeto que tiene por la más sublime de las ciencias y artes humanas, la astronomía. Todo esto, junto a algunas consideraciones menores, me inducen, con estas no infundadas súplicas, a solicitar yo mismo a su excelencia, cuya fama inflama los fuegos celestiales, arder con amor no ordinario por la ciencia y ocupar algún lugar en ese ilustre cuerpo, del que usted es un miembro inicial. Sabe usted cuánto puede conducir a la mejora de la astronomía y a la corrección de nuestros cánones el observar adecuadamente los fenómenos celestes, y cuánto concierne al observador advertir las apariencias de los cielos que convienen a sus observaciones. En las siguientes páginas he pretendido que usted conozca los

> cálculos de los fenómenos más notables del año 1670, tal como se observan en el horizonte inglés si los cielos están despejados, y haré, si Dios quiere, lo mismo en los años venideros, y si me animan aceptando éstos.

Y a estos pasajes iniciales seguía una larga exposición de sus logros astronómicos.

Sin embargo, Flamsteed no fue admitido en la Royal Sociey hasta febrero de 1677; fue el *fellow* número 327.[21] Seguramente las razones fueron varias. Una su juventud: cuando escribió esa carta tenía sólo veintitrés años y es probable que sus trabajos, pese a la seguridad y presunción con la que los presentaba a Brouncker, no fuesen demasiado conocidos. El 4 de marzo de 1675, algo menos de dos años antes de ser elegido *fellow* de la Royal Society, el rey Carlos II le designó como su *astronomer observator* (observador astronómico), lo que en la nomenclatura moderna significa que fue el primer *Astronomer Royal*, aunque Flamsteed se denominaba ocasionalmente «*Astronomicus Regius*» y con más frecuencia «*Royal Mathematician*» o «*His Majesty's Professor of Astronomy*».[22] Pocos días después de su nombramiento, el 22 de junio, el rey autorizaba a la Ordnance Office para que construyera «un pequeño observatorio en nuestro parque de Greenwich», que se completó en 1676. Allí vivió Flamsteed hasta su muerte, después de haber servido bajo cinco monarcas.[23]

La Ilustración

Si los siglos XVI y XVII fueron capitales para la ciencia, no menos lo fue el siguiente, el de la Ilustración o Siglo de las Luces, en el que la ciencia newtoniana se

consolidó y tuvo lugar una nueva revolución científica, ésta en la química, promovida por Lavoisier, «el Newton de la química». Además de las ya citadas de Euler y Lavoisier, existen ediciones de correspondencias, casi siempre parciales, de ilustrados tan notables como Condorcet, D'Alembert, Laplace o Lagrange.[24]

Del siglo XVIII existe un punto que quiero resaltar. La Ilustración fue una época con diferentes vertientes, dentro de una unidad filosófico-intelectual subyacente; una época en la que ciencia, política y sociedad formaron una especie de malla, no exenta de discontinuidades (conflictos y contradicciones). Animados por la confianza que depositaron en la capacidad científica y tecnológica humana para comprender y utilizar la naturaleza, los ilustrados —algunos de ellos al menos— creyeron que era posible construir una sociedad más racional, más justa y más cómoda.[25] Desde este punto de vista, no sorprende que, en 1789, tuviese lugar uno de los acontecimientos políticos que han ejercido más influencia en la historia de la humanidad: la Revolución Francesa. La precedió la Revolución estadounidense, que culminó en 1776 con la Declaración de Independencia de lo que terminaría siendo el actual Estados Unidos.

Si menciono esto es porque en las correspondencias de los científicos también se pueden encontrar detalles sobre episodios sociopolíticos. La vida social y política en absoluto es ajena a los científicos; la relación con los gobernantes ha sido importante para ellos, y lo es aún más desde el siglo XX, pues necesitan el apoyo y los recursos públicos para desarrollar plenamente su labor, sobre todo los

científicos experimentales. Además, como ciudadanos tienen opiniones, ideologías, y en ocasiones se ven involucrados en la política y acciones gubernamentales. En las décadas anteriores y posteriores a 1789 se pueden encontrar numerosos ejemplos de científicos que se vieron inmersos en el convulso mundo político francés, como sucede también en el siglo XX a partir de la Primera Guerra Mundial. En el caso francés, Lavoisier es un claro ejemplo en este sentido, como se comprueba en muchas de sus cartas, pero lo es aún más el matemático Gaspard Monge (1746-1818), un ferviente revolucionario (fue ministro de Marina durante la Revolución) y uno de los más leales y duraderos seguidores de Napoleón.[26] Además de un magnífico matemático, al que la geometría proyectiva debe mucho, Monge era consciente del papel de la ciencia en la sociedad. Así, en su *Traité de géometrie descriptive*, publicado en 1799 y que contenía las lecciones que su autor había dado en la École Normale, escribió: «Para librar a la nación francesa de la dependencia de la industria extranjera, a la que ha estado sometida hasta ahora, es preciso en primer lugar dirigir la educación nacional hacia el conocimiento de los objetos que exigen exactitud, algo que ha estado desatendido hasta el presente».

En 1793, y ante las carencias en asuntos científicos y técnicos, la Convención Nacional —la asamblea constituyente, elegida por sufragio universal, pero sólo entre hombres, que ejerció el poder político (hasta que pasó a manos del Comité de Salud Pública, establecido el 6 de abril de 1793) y legislativo entre el 21 de septiembre de 1792 y el 26 de octubre de 1795— decidió crear una comisión para

estudiar la reforma del sistema de enseñanza técnica superior en Francia. Esta comisión estaba compuesta por eminentes científicos e ingenieros, entre los que se encontraban Monge, Lazare Carnot, Prieur de la Côte-d'Or y el ingeniero hidráulico Jacques-Elie Lamblardie. La École Polytechnique fue fruto de aquella iniciativa, y fueron sobre todo Monge y Prieur de la Côte-d'Or quienes más se afanaron en su creación: Monge a lo largo del proceso fundacional y Prieur, que era miembro del Comité de Salud Pública y graduado de la École du Génie Militaire, procuró que se dispusiese de los medios materiales necesarios para poder llevar a cabo sus tareas (por ejemplo, laboratorios y gabinetes). Arago, en la biografía que como secretario perpetuo de la Académie des Sciences compuso de Monge, escribió: 27

> Si tuviese que caracterizar en pocas palabras los derechos respectivos de Monge y de Prieur al glorioso título de fundador de nuestra gran escuela, yo diría con la seguridad de haber hecho justicia a los dos competidores: Monge dio la vida a la Escuela Politécnica; Prieur, en los primeros tiempos, impidió que muriese.

En la correspondencia de Monge abundan las manifestaciones de naturaleza política; por ejemplo, el 14 de floreal del año 5 (3 de mayo de 1797) escribía a Nicolas-Joseph Marey, diputado suplente de Prieur de la Côte-d'Or en la Asamblea Legislativa en 1791 y diputado por la misma demarcación en la Convención Nacional en 1792:28

> Somos muy felices, mi querido Marey. Nuestra patria tiene el Gobierno que hemos deseado; la gloria de sus ejércitos brilla hasta en el último rincón del Universo. [...] ¿Qué falta a todo esto?: ser amado por la patria que se ama, la patria por la cual se

> está dispuesto a sacrificar todo. Si hemos deseado la Revolución es por la gloria y la felicidad de Francia, además de por el perfeccionamiento de la especie humana. […] Una gran Revolución como la nuestra no puede hacerse sin que la masa general de la nación experimente una agitación a la que no estaba acostumbrada y que debía ser dolorosa. […]
>
> La República triunfa; un nuevo camino se abre al espíritu humano; hemos ganado.

Lavoisier y Monge son dos buenos ejemplos de lo mucho que se puede aprender de la ciencia y de la política francesa del siglo XVIII, pero no son los únicos. ¿Cómo podrían serlo si también pertenecen a esa centuria científicos como Jean Le Rond d'Alembert (1717-1783), coeditor junto al filósofo Denis Diderot de ese monumento y testimonio del siglo que fue la *Encyclopédie, ou dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*? ¿Y qué decir de Laplace, o de Lagrange? De ambos existen, como apunté con anterioridad, ediciones de sus correspondencias. El tomo V/1 de las *Oevres complètes*, de D'Alembert, publicado en 2009, está dedicado a un inventario analítico de su correspondencia, mientras que el V/2, que apareció en 2015, reproduce su correspondencia entre los años 1741-1752. Y en el caso de Joseph-Louis Lagrange (1736-1813), el tomo XIII de las *Oeuvres de Lagrange* (París, 1887), editado por Joseph Alfred Serret, está dedicado a la correspondencia inédita que Lagrange mantuvo con D'Alembert, anotada por Ludovic Lalanne, a partir de los manuscritos de ambos conservados en la biblioteca del Institut de France.[29] Y el XIV, último tomo de esas *Oeuvres* (París, 1892), en el que Gaston Darboux se unió a Serret como editor, abarca la correspondencia que mantuvo con Condorcet, Laplace, Euler y algunos

otros, no siempre científicos, aunque algunas de estas cartas tienen como autor o receptor a científicos como Gauss o Benjamin Thomson, más conocido como conde Rumford.

El siglo XIX

Pasando al siglo XIX, entre las ediciones de cartas científicas de esa centuria sobresale la magna empresa de la edición de la correspondencia de Charles Darwin. Iniciada en 1985 —cubre los años de 1821 a 1836 (Cambridge University Press)—, aún no ha concluido: en junio de 2022 se publicó el por ahora último volumen, el número 29, que se limita a las cartas que Darwin envió o recibió en 1881, el año anterior a su muerte.[30] De los grandes protagonistas de la ciencia, posiblemente haya sido Darwin uno de los corresponsales más prolíficos (recluido en su casa de Down, se afanó en obtener información de todo tipo de personas para sustanciar sus investigaciones e ideas): se conservan unas catorce mil cartas de las que escribió o recibió, y debieron existir muchas más que se han perdido. Semejante actividad se vio facilitada por la eficacia del sistema postal inglés: a mediados del siglo XIX se despachaban en Inglaterra seiscientos millones de cartas al año, distribuidas por veinticinco mil carteros con once repartos diarios.

De Alfred Russel Wallace, el codescubridor de la teoría de la selección de las especies, también existe alguna edición de su correspondencia, aunque no es comparable, ni por extensión ni por la importancia de las personas implicadas, con la edición de las cartas de Darwin: James Marchant, *Alfred Russel Wallace: Letters and Reminiscences* (1916).

Muy valiosas son también las ediciones de las correspondencias de luminarias como, en el campo de la física, Michael Faraday (seis volúmenes, *The Correspondence of Michael Faraday*, 1991-2012) y James Clerk Maxwell (tres volúmenes, *The Scientific Letters and Papers of James Clerk Maxwell*, 1990-2002); en el de la química, la de Humphry Davy (cuatro volúmenes, *The Collected Letters of Sir Humphry Davy*, 2020); en las ciencias naturales y la política científica, la del naturalista, viajero y presidente de la Royal Society Joseph Banks (seis volúmenes con más de 2.200 cartas, *The Scientific Correspondence of Sir Joseph Bank*, 2007), y en el de la medicina, la de Louis Pasteur (cuatro volúmenes, *Correspondance*, 1946-1951).

Las ediciones dedicadas exclusivamente a correspondencia no son, en modo alguno, las únicas obras publicadas que incluyen cartas que permiten indagar en el mundo más personal de un científico. En el caso de algunos científicos particularmente sobresalientes del siglo XIX, durante un tiempo se publicaron unas obras, que se pueden calificar del tipo *Life and Letters*, en las que se incluían numerosas cartas del científico en cuestión. Charles Darwin proporciona el primer ejemplo de esta clase de obras: *The Life and Letters of Charles Darwin*, editado en tres volúmenes (1887) por su hijo Francis. El gran defensor de Darwin, Thomas Henry Huxley, protagonizó otro de estos libros, *Life and Letters of Thomas Henry Huxley* (dos volúmenes, Leonard Huxley, ed., 1900), al igual que el físico y *Lucasian profesor* en la Universidad de Cambridge George Gabriel Stokes: *Memoir and Scientific Correspondence of the Late Sir George Gabriel Stokes* (dos volúmenes,

Joseph Larmor, ed., 1907). Y, aunque no incluya el término «correspondencia», también abundan las cartas en la biografía de William Thomson-Kelvin, *The Life of William Thomson, Baron Kelvin of Largs* (dos volúmenes, 1910), que escribió el también físico Silvanus P. Thompson.

Otro científico cuya biografía se circunscribió básicamente al siglo XIX, aunque falleciese a comienzos del XX (en 1906) fue Pierre Curie, quien colaboró con su esposa en un descubrimiento fundamental (1898): el de dos nuevos elementos químicos radiactivos, el polonio y el radio. En su correspondencia —*Pierre Curie, Correspondances* (2009)—, que figura en el capítulo 29, se encuentran detalles que no se limitan a la radiactividad. No hay que olvidar que Pierre Curie y su hermano Jacques, que trabajaba en el laboratorio de mineralogía de Charles Friedel en la Facultad de Ciencias de París, publicaron trabajos importantes sobre las propiedades eléctricas de los cristales, investigaciones que les condujeron al descubrimiento de la piezoelectricidad (electricidad producida por presión; la palabra está formada a partir de la raíz griega *piezein*, 'presionar'), un término que, sin embargo, tardaría aún algunos años en ser introducido. Ya en su primer artículo, enviado en agosto de 1880 a la revista de la Académie des Sciences, presentaban el nuevo fenómeno, con el que construyeron un nuevo aparato, el electrómetro piezoeléctrico de cuarzo, que permitía medir pequeñas cantidades de electricidad, corrientes eléctricas de baja intensidad (en su momento, este instrumento sería muy útil para el estudio de los fenómenos radiactivos).

El electrómetro de cuarzo piezoeléctrico puso a

Pierre Curie en contacto con algunos de los principales físicos de la época; entre ellos Kelvin, quien advirtió la importancia del descubrimiento, como prueba la siguiente carta que el científico británico dirigió a Pierre el 3 de agosto de 1893:

> Querido señor Curie:
>
> Le agradezco infinitamente que se haya tomado la molestia de conseguirme un aparato que me permite observar tan cómodamente el magnífico descubrimiento experimental, que ha hecho junto a su hermano, de la piezoelectricidad del cuarzo.
>
> He escrito una nota para el *Philosophical Magazine*, precisando que esos trabajos son anteriores a los míos. Esta nota deberá llegar a tiempo para que se publique en el número del mes de octubre; si no es así, aparecerá en noviembre.

La correspondencia de Pierre Curie también permite darse cuenta de que es preciso ser muy cuidadoso y evitar adjudicar al pasado puntos de vista del presente. Me estoy refiriendo a que el hecho de que compartiera la ideología de su padre —un médico republicano, socialista radical y anticlerical, que no bautizó a sus hijos y que los educó en casa con una filosofía pedagógica fundada en la observación, el razonamiento y la lucha frente a los prejuicios— podría conducir a pensar que Pierre se hubiese opuesto a determinadas ideas que hoy consideramos infundadas si no absurdas, como es el espiritismo. Pero fue justamente lo contrario; su filosofía positivista le llevó a tomarse muy en serio tal posibilidad. Adelantándome a lo que trataré en el capítulo 25, dedicado al espiritismo entre los científicos británicos en la era victoriana, citaré una carta que Pierre Curie dirigió el 14 de abril de 1906, cinco días antes de su muerte, a Georges Gouy, físico

como él y miembro de la Académie des Sciences:[31]

Hemos tenido algunas sesiones más con la médium Eusapia Palladino (ya habíamos tenido sesiones con ella el verano pasado). El resultado es que estos fenómenos existen realmente y no me resulta posible dudar. Es inverosímil, pero es así y *es imposible negarlo* después de las sesiones que hemos tenido en condiciones perfectas de control. En la médium se forman una especie de miembros fluidos (además de sus brazos y sus piernas normales), y estos miembros más o menos informes son capaces de agarrar o de empujar objetos con fuerza. ([Charles] Richet [doctor en Medicina y en Ciencias y profesor de Fisiología en la Facultad de Ciencias] llama a esto *ectoplasmas*.) Estos miembros fluidos se forman preferentemente debajo de una tela negra, de faldas o de cortinas. Pero a veces salen al aire libre.

Lo que resulta extremadamente perturbador es que uno sabe muy bien que al admitir la existencia de algunos de estos fenómenos se verá conducido poco a poco a admitir todo, incluso los fantasmas de [William] Crookes y de [Charles Robert] Richet. Y entonces en absoluto se puede comprender cómo admitir que similares transformaciones de materia puedan hacerse tan rápidamente sin poner en juego cantidades prodigiosas de materia.

Me gustaría mucho que asistiera a sesiones de este género y no dudo que después de algunas buenas sesiones se convencería usted también.

La dificultad para el estudio de estos fenómenos es no basarse siempre en el mismo círculo y no hacer más que reproducir los mismos desplazamientos de objetos sin aclarar la cuestión. Haría falta dirigir las experiencias en un sentido determinado y esto es muy difícil.

Usted, que con tanta frecuencia muestra tan gran intuición de fenómenos, ¿cómo explicaría el desplazamiento de objetos a distancia, cómo imaginaría que tal cosa es posible? En mi opinión existe un dominio de hechos completamente nuevos y estados físicos del espacio sobre los que no tenemos idea.

Créame su muy devoto

P. CURIE

Correspondencias entre matemáticos decimonónicos

Más numerosas que en otras disciplinas son las

ediciones de correspondencias de matemáticos decimonónicos. Probablemente nadie supere en número a Carl Friedrich Gauss (1777-1855), «el príncipe de las matemáticas», que ha protagonizado varias ediciones de sus intercambios epistolares: *Briefwechsel zwischen C. F. Gauss und H. C. Schumacher* (seis volúmenes, 1860-1865), *Briefe zwischen A. v. Humboldt und Gauss* (1877), *Briefwechsel zwischen Gauss und Bessel* (1880), *Briefwechsel zwischen Carl Friedrich Gauss und Wolfgang Bolyai* (1899), *Briefwechsel zwischen Olbers und Gauss* (dos volúmenes, 1900-1909) y *Briefwechsel zwischen Carl Friedrich Gauss und Christian Ludwig Gerling* (1927). Además, en los once tomos de sus obras completas (*Werke*, 1863-1933) aparecen algunas de sus cartas (véase el capítulo 39).

De las redes epistolares que existieron entre matemáticos decimonónicos, las de Charles Hermite (1822-1901) y Rudolf Lipschitz (1832-1903) fueron particularmente activas. Algunos corresponsales suyos, con frecuencia comunes, fueron Eugenio Beltrami, George Cantor, Leopold Kronecker, Gösta Mittag-Leffler, Henri Poincaré y James Joseph Sylvester.[32] En realidad, y como es natural, cuesta mantener con exactitud la frontera entre los siglos XIX y XX. Acabo de mencionar a Henri Poincaré, uno de los gigantes de la matemática —también influyó en la filosofía—, cuya vida se extendió hasta la segunda década del nuevo siglo; y más aún se prolongó en el siglo la de Felix Klein, que no sólo fue relevante en la matemática, sino también en la física y en la creación de nuevos institutos en la Universidad de Gotinga. No existen ediciones medianamente completas de la correspondencia de Poincaré, pero sí se encuentran

algunas parciales incluidas en las Publications des Archives Henri Poincaré a cargo de Springer-Birkhäuser y de las que hasta el momento han aparecido los siguientes títulos: *La correspondance entre Henri Poincaré et Gösta Mittag-Leffler* (1999), *La correspondance entre Henri Poincaré et les physiciens, chimistes et ingénieurs* (2007), *La correspondance entre Henri Poincaré, les astronomes, et les géodésiens* (2016) y *La correspondance de jeunesse d'Henri Poincaré. Les annés de formation. De l'École polytechnique à l'École des Mines (1873-1878)* (2017).[33]

Y si Poincaré es uno de los nombres cimeros de la matemática decimonónica, David Hilbert (1862-1943) lo es para los siglos XIX y XX. De él se ha publicado la correspondencia que mantuvo con Felix Klein: *Der Briefwechsel David Hilbert-Felix Klein (1886-1918)* (1985).

Por lo general, el contenido de las correspondencias entre matemáticos es abrumadoramente técnico, pero aun así siempre es posible encontrar pasajes que entran en aspectos, digamos, «sociales». Dos ejemplos en este sentido son los siguientes.

Entre las cartas muy técnicas que intercambiaron Charles Hermite y Stieltjes, hay una que el primero envió al segundo el 30 de diciembre de 1883 y en la que abordaba una cuestión que siempre ha preocupado a los científicos, la de la publicación de sus trabajos:[34]

> Sus proposiciones concernientes a las funciones que denomina A(*n*) y B(*n*) me parecen extremadamente bellas y estoy muy lejos de esperar que mi relación (*a*) pueda tener también consecuencias importantes. No puedo guardar sólo para mí los hermosos teoremas contenidos en las ecuaciones (5) y los comunicaré a la

> Académie [des Sciences] para que aparezcan en las *Comptes rendus*, donde serán acogidos con el interés que me han inspirado a mí.[35] Sin embargo, yo suprimiría el final de su carta, no porque no sea lo suficientemente interesante, sino para no sobrepasar la extensión reglamentaria de las comunicaciones insertadas en las *Comptes rendus* para los autores que no pertenecen a la Académie. Llegará el día, espero, y mi compañero M. Tisserand es de la misma opinión, en el que usted dispondrá de un número de páginas menos restringido, y entonces yo me felicitaré plenamente de haberle implicado en la vía aritmética de una manera más completa de lo que usted había pensado. Pero cuidad, señor, vuestra salud; estoy algo inquieto al saber, por usted mismo, que le había sido prohibido trabajar. Me acuerdo de lo que me sucedió a mí cuando me ocupé del invariante de orden 18.º de las formas binarias de 5.º orden, que era entonces el primer ejemplo de un invariante izquierdo, lo que me autoriza por mi propia experiencia a poneos en guardia contra el exceso de trabajo.

Y poco más adelante le hacía una recomendación para publicar:

> Me permito recomendarle también, para publicar, la revista de Estocolmo, *Acta Mathematica*. El editor, M. Mittag-Leffler, recibirá de buen grado sus investigaciones: en esta revista aparecerá por segunda vez, para que así se conozca más, un artículo que yo envié al *Bulletin de l'Académie des Sciences de Saint-Pétersbourg*, a petición de M. Bouniakowsky […].[36]

Mi segundo ejemplo tiene como protagonista a otro matemático francés, experto en teoría de probabilidades, Paul Lévy (1886-1971). Debido a su ascendencia judía, al invadir Alemania a Francia durante la Segunda Guerra Mundial, Lévy tuvo problemas. Profesor de la École Polytechnique, cuando la situación se complicó en París, Lévy siguió a la École en su traslado a Lyon, pero en diciembre de 1940 fue despedido bajo el discriminatorio «*Status des*

Juifs», aunque en febrero de 1941 fue reestablecido en su puesto por su «excepcional servicio al Estado». No obstante, en 1942, mientras se encontraba en la zona francesa del sur donde todavía se luchaba, el apartamento de Lévy en París fue registrado por la Gestapo con la colaboración de ayudantes franceses. En 1943, la École Polytechnique se libró de él trasladándolo a la École de Mines, donde había estudiado y sido profesor, aunque, debido al peligro que corría, Lévy terminó pasándose a la clandestinidad, que abandonó sólo después de la liberación de Francia. En la correspondencia —también de carácter muy técnico— que mantuvo con Maurice René Fréchet (1878-1973), asimismo distinguido matemático galo (trabajó en topología, teoría de las probabilidades y estadística), concretamente en una carta que envió a éste el 29 de noviembre de 1943, la última que escribió durante la guerra, se refería a su situación:[37]

> Desde hace tres meses he vivido en condiciones poco favorables a mi trabajo. Pero lo que más me inquieta es que estoy en uno de esos períodos, que me vuelven de tiempo en tiempo, en los que no consigo pensar en mi trabajo; sin duda hace falta que las células de mi cerebro se reformen, al menos ésta es la impresión que tengo, y no sé cuánto tiempo hará falta. Hay tres problemas que todavía querría resolver para hablar de la redacción definitiva de mi exposición.
>
> Después de tres meses de vida errante, estoy instalado de nuevo en una casa en la que espero pasar el invierno. Grenoble, como usted debe saber, está muy agitado; constantemente hay incidentes: atentados, sanciones, represalias. Mi familia me ha insistido desde hace tres meses en que no me quede en la inmediata vecindad de una ciudad tan expuesta, más aún, al ser tan conocido como soy podía estar particularmente expuesto. A comienzos de 1943, vi la marcha de muchos de mis amigos de Lyon, de los que ya no he tenido apenas noticias; después de tres meses, sucedió lo mismo en Grenoble. Y tuvimos que abandonar

comestibles intransportables, patatas, judías, madera para calentarnos, cultivadas y reunidas penosamente durante seis meses; no sé si este invierno el frío me impedirá trabajar.

Por otra parte, acabo de saber que ya no soy profesor de la École Polytechnique. A comienzos de noviembre me devolvieron, como falto de fondos, un cheque postal emitido para cubrir mis gastos de octubre. Escribí a la tesorería de la École para pedir explicaciones. El 24 de noviembre recibí copia de una decisión del 30 de junio por la cual la École me ponía el 1 de octubre a disposición del Corps des Mines; del texto de esa decisión resultaba que el 29 de abril el Gobierno de la École sabía que yo no estaba «investido de mis funciones» y preguntaba al ministro ¡¡¡hasta cuándo me tenían que seguir pagando!!! Y todo esto es legal, si uno considera legal un estatuto de 1941 que somete a los profesores a ser reelegidos cada diez años, sin tener en cuenta sus derechos adquiridos. Y ahora qué va a hacer conmigo el Corps des Mines del que he estado apartado desde 1913 y que no puede confiarme trabajos para los que ya no tengo ninguna aptitud, y al que me pongo en disposición con dos meses de retraso. ¿Van a pagarme?

El siglo XX

El siglo XX fue pródigo en avances científicos y en personajes cuya presencia fue más allá de su ámbito profesional. A la cabeza de esos avances se suele situar a la física con sus dos grandes revoluciones, la relativista y la cuántica, ésta con inmensas repercusiones sociales; recordemos que de la teoría cuántica surgió el transistor, inventado en la década de 1940 y auténtica «célula vital» de la globalización y la sociedad de la información. Y en cuanto a personajes, ninguno puede competir en fama e importancia científica con Albert Einstein, el físico cuyas aportaciones contribuyeron al máximo a cambiar la faz de la ciencia del siglo XX, y al que la revista estadounidense *Time*, en el número del 31 de diciembre de 1999, calificó de *Person of the Century* (personaje del siglo). (Quedaron finalistas Franklin

Delano Roosevelt y Mohandas Gandhi.)

Walter Isaacson, uno de los editores de la revista, justificaba la elección en un artículo en el que se lee:

> El siglo XX será recordado sobre todo, al igual que el XVII, por sus estremecedores avances en ciencia y tecnología. En su gran historia del siglo XX, Paul Johnson manifiesta: «El genio científico afecta a la humanidad, para bien o para mal, mucho más que cualquier político o señor de la guerra». Albert Einstein fue más expresivo: «La política es para el momento. Una ecuación es para la eternidad». Como el mayor pensador del siglo, como un inmigrante que huía de la opresión hacia la libertad, como un idealista político, Einstein engloba de la mejor forma posible lo que los historiadores considerarán significativo acerca del siglo XX. Y como un filósofo con fe, tanto en la ciencia como en la belleza de la obra de Dios, personifica el legado que pasará al próximo siglo. Dentro de cien años, cuando entremos en otro siglo —incluso dentro de diez veces cien años, cuando entremos en un nuevo milenio—, el nombre que demostrará ser más perdurable de nuestra propia asombrosa era será el de Albert Einstein: genio, refugiado político, humanista, desvelador de los misterios del átomo y del universo.

Habida cuenta de todo esto, no sorprende que el proyecto actual más ambicioso de publicación de obras completas de científicos sea el de las de Einstein. Hasta el momento, Princeton University Press ha publicado dieciséis volúmenes de *The Collected Papers of Albert Einstein*, el primero en 1987 y el último en 2021, de los cuales diez contienen cartas enviadas o recibidas por el creador de la teoría de la relatividad. Consistente con la biografía de Einstein, que terminó trascendiendo los límites de la ciencia y penetró en diferentes apartados (literatura, música, filosofía, política…), toda su correspondencia constituye un selecto *Who is Who* mundial de la primera mitad del siglo XX; aparecen en ella, por

ejemplo, Elisabeth de Bélgica, Henri Bergson, Chaim Weizmann, Maxim Gorki, Diego Rivera, Romain Rolland, Sigmund Freud, Moritz Schlick, Karl Popper, Bertrand Russell, Pablo Casals, Yehudi Menuhin, Oskar Kokoschka, Rabindranath Tagore, Herbert G. Wells, Stefan Zweig, Robert Musil, Anatole France, Benedetto Croce, Adlai Stevenson, Franklin D. Roosevelt, Paul Valéry o Abba Eban.

De la pléyade de físicos que produjeron la física cuántica —Einstein también fue uno de ellos—, seguramente el más notorio sea Niels Bohr, del que existe una edición de sus obras completas, publicada en doce volúmenes por North-Holland (el primero apareció en 1972 y el último en 2007). Pero, al contrario que la edición de escritos de Einstein, que pretende incluir toda su correspondencia, en la de Bohr sólo se han seleccionado algunas cartas, que aparecen al final de cada uno de los volúmenes. Una edición específica de correspondencias es la de Wolfgang Pauli, otro de los protagonistas de la revolución cuántica, aunque sus aportaciones —a la cabeza el «Principio de exclusión»— no fueran del calibre de las de Bohr, Heisenberg, Schrödinger o Dirac. Bajo la supervisión del historiador de la ciencia alemán Karl von Meyenn y con la ayuda del CERN, el centro europeo de investigación en física de altas energías, Springer publicó, entre 1979 y 2005, la correspondencia de Pauli en siete gruesos volúmenes: *Wolfgang Pauli, Wissenschaftlicher Briefwechsel*.

Aunque su contenido es limitado, también son importantes los dos volúmenes de cartas —una selección— de un personaje central de la física de las últimas décadas del siglo XIX y primeras del XX, H. A. Lorentz, preparados por el historiador de la ciencia

holandés Anne Kox: *The Scientific Correspondence of H. A. Lorentz* (2009, 2018; el segundo dedicado a «corresponsales holandeses»). Y otro tanto se puede decir de la edición, en dos tomos, de la correspondencia de Arnold Sommerfeld, editada por Michael Eckert: *Arnold Sommerfeld Wissenschaftlicher Briefwechsel*, publicada por el Deutsches Museum junto a GNT-Verlag (2000, 2004). Merece también recordar la biografía, acompañada de una selección de cartas, que el historiador de la ciencia John Heilbron escribió de Henry Moseley, desaparecido prematuramente en la Primera Guerra Mundial: *H. G. J. Moseley. The Life and Letters of an English Physicist, 1887-1915* (1974).

En lo que se refiere a matemáticos del siglo XX, las ediciones de correspondencias no abundan tanto como en la física. Por la importancia capital de su obra —especialmente su artículo de 1931 en el que demostró la imposibilidad de formalizar por completo la aritmética en un sistema consistente de axiomas y reglas de inferencia—, recordaré la selección de cartas de Kurt Gödel que se incluyó en los dos últimos volúmenes, el IV y V (2003), de sus *Collected Works*. Y más importante aún, porque su obra cubrió diferentes campos (matemática, física, computación, economía, arquitectura cerebral y política científica), fue el húngaro, nacionalizado estadounidense, John von Neumann, de cuya variada correspondencia se ha publicado una selección: *John von Neumann: Selected Letters* (2005), editada por Miklós Rédei.

Einstein, Bohr, Lorentz, Pauli, Sommerfeld, Moseley, Gödel o Von Neumann son, en lo relativo a correspondencias, como islas en océanos de gran extensión. Por eso, el historiador que desea utilizar el recurso epistolar en sus reconstrucciones debe vagar

por una bibliografía tan variada como abundante; esto es, por obras en las que se citan algunas cartas de esos científicos, además de unos pocos libros dedicados a las cartas intercambiadas con miembros de la familia de algunos de ellos, como, por ejemplo, de Marie Curie y sus hijas, *Curie correspondance. Choix de lettres (1905-1934)* (1974) y *Marie Curie et ses filles. Lettres* (2011); o las cartas que Werner Heisenberg envió a su esposa, Elisabeth, *My Dear Li. Correspondence, 1937-1946* (2016); o que incluyen la correspondencia con una única persona, como sucede con Ernest Rutherford y Bertram Boltwood, *Rutherford and Boltwood. Letters on Radioactivity* (1969). En lo que se refiere a Rutherford, físico excepcional, también mencionaré que en la biografía que A. S. Eve le dedicó abundan citas de sus cartas, *Rutherford, Being the Life and Letters of the Rt. Hon. Lord Rutherford, O. M*. (1939).

La correspondencia de Rudolf Peierls

Ya he mencionado a Sommerfeld, quien, como explico en el capítulo 71, además de un notable físico, fue gran maestro de no pocos jóvenes estudiantes que se convirtieron posteriormente en protagonistas de la revolución cuántica; es el caso de Heisenberg, Pauli o Bethe, por ejemplo. Otro de sus discípulos fue Rudolf Peierls (1907-1995), que también realizó contribuciones destacadas al desarrollo de esa revolución, aunque no del calibre de un Heisenberg ni de un Pauli. Alemán de nacimiento y de origen judío, Peierls terminó instalándose en 1933 en Inglaterra, donde desarrolló una brillante carrera, primero en la Universidad de Mánchester y luego, en 1937, en la de

Birmingham, a la que retornó después de la guerra y donde permaneció hasta pasar a la Universidad de Oxford en 1963. Además de sus trabajos puramente científicos, Peierls contribuyó a los esfuerzos que llevaron a cabo los aliados durante la Segunda Guerra Mundial para fabricar la bomba atómica. Un día de febrero o marzo de 1940, Otto Frisch, otro exiliado centroeuropeo en Inglaterra (y sobrino de Lise Meitner), dijo a Rudolf Peierls (ambos estaban entonces en la Universidad de Birmingham): «Imagínate que alguien te da una cantidad de isótopo puro 235 de uranio, ¿qué sucedería?».[38] Para intentar contestar a aquella pregunta unieron sus fuerzas, abordando en primer lugar la cuestión, básica, de la masa crítica de uranio necesaria para que pudiera tener lugar una reacción en cadena. Y es que para conseguir una verdadera explosión se requiere que la reacción en cadena se desarrolle de una manera extremadamente rápida (lo que a su vez depende de la masa de uranio disponible); de lo contrario, sólo se utilizará una pequeña cantidad de energía nuclear antes de que la bomba se rompa en pedazos e interrumpa la reacción (también se necesita que no se produzca una explosión parcial prematura). Hasta entonces se suponía que se necesitarían toneladas de uranio para lograr la masa crítica, pero para sorpresa de Frisch y Peierls encontraron que bastaba con alrededor de medio kilo. Fue una estimación algo baja, porque desconocían algunos efectos, pero del orden de magnitud adecuado (resultó que se necesitan entre 5 y 10 kilogramos). Con éste y otros resultados, Frisch y Peierls compusieron un documento dividido en dos partes, una técnica, en la que presentaban su trabajo, y otra no técnica. Ellos mismos

mecanografiaron el manuscrito, no fiándose de ninguna secretaria. Su documento condujo a que se formase un pequeño comité político y un subcomité técnico, del que los propios Frisch y Peierls formaban parte, que terminó llamándose Comité M. A. U. D., siglas sin significado alguno. Amparándose en esta estructura, en laboratorios de distintas universidades de Gran Bretaña comenzaron los trabajos destinados a la posible construcción de una bomba atómica o, al menos, a demostrar su posibilidad.

A lo largo de su vida Peierls mantuvo numerosos intercambios, en persona o a través de cartas, con muchos de los físicos que contribuyeron a la revolución cuántica. Y conservó cuidadosamente su correspondencia, que cubre un período de casi siete décadas y en la que aparecen, aparte de su familia, científicos como Niels Bohr, Werner Heisenberg, Hans Bethe, Wolfgang Pauli, Lev Landau o George Placzek. Y una parte de esa correspondencia se ha publicado; dos gruesos volúmenes, más un tercero que contiene la que mantuvo con su gran amigo Hans Bethe: Sabine Lee, *Sir Rudolf Peierls. Selected Private and Scientific Correspondence*, dos volúmenes (World Scientific, Singapur, 2007, 2009), y Sabine Lee, *The Bethe-Peierls Correspondence* (World Scientific, Singapur, 2007). Estas obras ofrecen una notable variedad de información sobre la física cuántica de la época de Peierls, tanto sobre detalles científicos como otros temas más personales, a través de los cuales se puede llegar a conocer algo de cómo vivían esos científicos —de la «trastienda» de la ciencia, se podría decir—, a los que recordamos fundamentalmente por sus contribuciones. Como ejemplo de lo que estoy diciendo, citaré una carta que Peierls escribió el 6 de

diciembre de 1930 a su futura esposa, la física rusa Eugenia (Genia) Kannegiser (1908-1986), cuando viajaba en un tren que le llevaba a Tubinga desde Zúrich, en donde Peierls trabajaba entonces junto a Wolfgang Pauli en la E. T. H., la famosa Escuela Federal Politécnica (*Eidgenössiche Technosche Hochschule*):39

> Mi querida Genia:
>
> Hoy y mañana hay una reunión de física en la que estarán Lise Meitner, [Hans] Geiger y muchos otros. Se supone que iré y hablaré con ellos. Pauli quiere saber algo de lo que allí se trate, y no puede ir porque los alumnos italianos celebran una gran fiesta y él tiene que estar con ellos.
>
> Bien, voy con alegría, me encanta viajar. [Paul Peter] Ewald [cristalógrafo alemán] también estará allí, es una persona muy agradable, y [Martin] Ruhemann [un físico experimental de Berlín], un amigo de Barbara Zarniko.
>
> La única cosa molesta es que el tren ¡deja en mitad de la noche! Me tengo que levantar a las seis y media de la mañana. Y hoy esto resulta particularmente molesto. La noche pasada estuve en el «*Kanne*» con Pauli [que frecuentaba estos lugares, al igual que cabarets; su primera esposa fue una bailarina de cabaret (el matrimonio duró menos de un año)] y Dau [Lev Landau] y bebimos mucho.
>
> El «*Kanne*» es un lugar muy divertido, acaso el lugar más «no europeo» de Zúrich, un pequeño negocio de bar con bebidas muy buenas y con un propietario que todas las noches está borracho y entonces da largos discursos en una mezcla de alemán, *Schweizerdytsch* [suizo-alemán que se habla mucho en Zúrich] e inglés, con buena filosofía mezclada con chistes indecentes. En consecuencia, no permite que entren en su bar señoras, excepto la camarera, que está acostumbrada a sus discursos. En general no permite que cualquiera entre en su «lugar» y si no le gusta alguien es expulsado mediante fuerza manual. Pauli es un gran amigo suyo y es muy divertido verlo en este medio.
>
> Ahora hay algo de vida en el instituto, ardientes discusiones sobre todo y, si estuvieras cerca de mi despacho, oirías un ruido terrible, porque en cualquier momento del día habrá personas con diferentes opiniones tratando de convencer el uno al otro. Todo esto se debe *por supuesto* a Landau. […]

Y por la tarde continuaba:

> La reunión es muy interesante y hay aquí mucha gente inteligente.
>
> Geiger es espléndido y un organizador muy inteligente. Nunca he visto una reunión en la que todas las conferencias comenzasen y terminasen a su hora.

La reunión a la que asistió Peierls en Tubinga es famosa porque en ella se leyó una «carta abierta» de Pauli a sus colegas, que Peierls transmitió, y en la que proponía la existencia de una nueva partícula para resolver el rompecabezas de la desintegración (o radiación) ß, la emisión de electrones de un núcleo atómico en la que no cuadraban las energías que se medían.[40] Aunque se trataba de una carta abierta, Pauli quería conocer sobre todo la opinión de Meitner y Geiger. Y Peierls explicaba a Genia la reacción de ambos: «Ahora he hablado con Lise Meitner y Geiger y mi recado está realizado. Pero parece que la idea de Pauli era falsa y no está de acuerdo con los experimentos». No lo era, y terminó comprobándose que la partícula que postulaba existe.

Durante los tres años que pasó en Zúrich con Pauli, Peierls aprovechó para viajar y visitar algunos de los institutos punteros en la investigación en física cuántica. Y en su correspondencia se encuentran interesantes descripciones de algunos. Así, por ejemplo, el 27 de julio de 1931 escribía a Genia desde el instituto que dirigía Heisenberg en Leipzig:[41]

> He aprendido mucho aquí. En [el Instituto] de Heisenberg la atmósfera es maravillosamente agradable. Similar a como es en el de Sommerfeld [en Múnich]: tiene una «escuela» en la que la

gente trabaja en todo tipo de temas interesantes, y a su alrededor el sentimiento de optimismo es tremendo. El propio Heisenberg es terriblemente enérgico y practica toda clase de deportes: pimpón, tenis, esquí, montañismo, ciclismo. Hace todas estas cosas no como un profesor, sino como un muchacho joven; y, por supuesto, las hace todas bien. Por ejemplo, cuando jugamos al *ping-pong* nadie le puede ganar; cuando hacemos ciclismo, regresa una hora antes que cualquiera de los demás, y así en todo. También toca el piano muy bien.

Sources for History of Quantum Physics

Un repositorio que merece ser recordado es el dedicado a la historia de la física cuántica, que incluye entrevistas a 95 científicos realizadas entre febrero de 1962 y mayo de 1964, además de numerosas copias de documentos de todo tipo (notas de cursos o conferencias y correspondencias, por ejemplo) de éstos y otros investigadores, junto con datos sobre su localización y algunas de sus características. Se trata de *Sources for History of Quantum Physics*, que dirigió Thomas S. Kuhn, al que acompañaron John Heilbron, Paul Forman y Lini Allen. Los materiales obtenidos se depositaron en la American Philosophical Society de Filadelfia y se inventariaron en una publicación: Thomas S. Kuhn, John L. Heilbron, Paul L. Forman y Lini Allen, *Sources for History of Quantum Physics. An Inventory and Report* (American Philosophical Society, Filadelfia, 1967).[42]

Para apreciar el valor que este proyecto tiene en lo relativo a correspondencias, pondré un único ejemplo: los datos que se ofrecen sobre la correspondencia de Samuel Goudsmit (1902-1978), el físico holandés (posteriormente se instaló en Estados Unidos) que propuso en 1925, junto a George Eugene Uhlenbeck, el concepto de espín. En las cartas que

escribió se mencionan, especificando el microfilm en el que se encuentran las copias, las que envió a: H. S. Allen (una), Ernst Back (diez), Niels Bohr (cuatro), Gregory Breit (ocho), Léon Brillouin (seis), Hendrik B. G. Casimir (una), Karl T. Compton (una), Charles Galton Darwin (dos), Carl Eckart (una), Paul Ehrenfest (seis), Enrico Fermi (una), John S. Foster (dos), Alfred Fowler (dos), Ralph H. Fowler (una), James Franck (dos), Walther Gerlach (tres), J. B. Green (dos), E. L. Hill (una), A. L. Hughes (una), Edwin C. Kemble (una), Hendrik A. Kramers (una), Alfred Landé (trece), Francis Wheeler Loomis (dos), J. E. Mack (tres), John Cunnigham McLennan (dos), William F. Meggers (una), Robert Millikan (una), Yoshio Nishina (una), Friedrich Paschen (una), Wolfgang Pauli (una), Linus Pauling (cuatro), H. M. Randall (doce), B. B. Ray (una), Allen G. Shenstone (dos), George E. Uhlenbeck (una), Harold C. Urey (una), John Van Vleck (una), D. L. Webster (tres), John Wulff (diecinueve) y Pieter Zeeman (cinco). Todo un repertorio de físicos cuánticos; asimismo, se menciona que recibió cartas de 65 corresponsales, cuyos nombres se incluyen.

La existencia de este repositorio se debió a la iniciativa de un pequeño grupo de físicos que participaron en el desarrollo de la física cuántica y que pensaron que su importancia hacía necesario conservar cuantos más datos mejor de la historia de cómo fue creada. En el «Prefacio» a *Sources for History of Quantum Physics. An Inventory and Report*, el catedrático de la Universidad de Princeton, que cuenta con importantes logros en la física teórica (física nuclear y relatividad general principalmente), John Archibald Wheeler explicaba el porqué del proyecto:

> El estudiante de Física se pierde no disponiendo de un testimonio de las veinte mayores crisis que tuvieron lugar durante el período de 1898-1933. ¿Cómo puede uno entender hoy lo que es la teoría cuántica si no sabe cómo se desarrolló? Muchos jóvenes científicos carecen de convicciones sobre importantes puntos en los trabajos diarios de la teoría cuántica y desconocen las ideas más profundas del propio principio cuántico porque ignoran los debates que establecieron firmemente estos asuntos para los padres de la teoría cuántica. Se preocupan por las mismas viejas cuestiones sin decisión ni gloria.
>
> Ni los físicos jóvenes ni los viejos pueden servir a la sociedad con completa eficacia hasta que el pasado se despliegue ante sus ojos como el intenso drama que fue: los grandes hombres, los grandes esfuerzos, las grandes ideas. Estas perspectivas históricas no son únicamente para los científicos, sino también para los analistas del proceso creativo y para los responsables de las políticas gubernamentales y universitarias hacia la ciencia.
>
> Para éstos —los que dirigen el empleo nacional de dinero y energías humanas—, la historia de la física también trata de importantes consideraciones prácticas. Aunque los investigadores puedan ser reacios a adjudicar un valor monetario a su trabajo, la física ha llegado a ser un factor muy importante de la economía de las naciones. […] Estudios históricos adecuados de los episodios decisivos de la física moderna harán avanzar el conocimiento práctico a la vez que teórico e impulsarán la creatividad en la ciencia aplicada, produciendo a largo plazo un aumento en la eficacia de físicos, ingenieros e inventores.

Como se ve, Wheeler argumentaba que el conocimiento de la historia de la ciencia, en particular de la historia de la física cuántica, tenía repercusiones prácticas y, por tanto, también económicas, algo innegable. Y tampoco existe duda del valor que han tenido y tienen los materiales reunidos en *Sources for History of Quantum Physics* para reconstruir la historia de la física cuántica: el número de artículos o libros de historia de la física que han utilizado esos documentos es incalculable.

Un proyecto como éste tenía necesariamente que ser apoyado por los propios físicos que habían

participado en la creación de la física cuántica, claro está, los que aún estaban vivos. En el párrafo final del mencionado «Prefacio», John Wheeler hacía hincapié en la deuda que el proyecto tenía con Niels Bohr:

> No existe manera de agradecer a Niels Bohr por su contribución a la empresa recogida aquí. Dedicó dos horas de una apretada visita de tres días a Nueva York en junio de 1961 para revisar los planes del proyecto, darle su firme apoyo, e invitar al personal del proyecto a pasar su año europeo en Copenhague. Cuando llegó el momento, proporcionó locales cerca de su casa para lo que resultó ser una muy sustancial empresa. Trabajó duro revisando para este proyecto el desarrollo de la historia cuántica. Proporcionó al profesor Kuhn cuatro grabaciones de entrevistas, la última con la mente tan clara y un diálogo tan enfático como siempre en la tarde del sábado 17 de noviembre de 1963, el día antes de su muerte. Sus cartas y escritos permanecerán para siempre, la mayor de las contribuciones a los documentos de la física cuántica.

Todo lo que he dicho sobre este extraordinario proyecto es razonable y, creo, justo, pero no lo es menos añadir una consideración final. Que surgiera la idea y llegase a buen puerto va ligado a la importancia científica, pero también social e incluso política, que habían alcanzado algunos de sus proponentes, físicos que habían participado ellos mismos en el desarrollo de la teoría cuántica. No sorprende —y hay que agradecérselo, por supuesto— que desearan que sus logros, su paso por la historia, quedaran reflejados con todo detalle en los anales de historia de la ciencia del futuro. Pero si se considera el conjunto de la historia de la ciencia del siglo XX, se puede y debe echar de menos proyectos similares en otras disciplinas o apartados de la ciencia, dotados éstos de «conexiones» menos poderosas. Porque de lo que se trata es de

obtener una visión lo más completa del pasado, una visión que no margine, al menos no por carencia de fuentes documentales, a ninguna ciencia.

Una carta de Einstein a un corresponsal desconocido

Antes de pasar a referirme al contenido del presente libro, y como ejemplo de los pequeños o grandes tesoros que se pueden encontrar en las correspondencias, citaré una interesante carta que Albert Einstein dirigió el 25 de junio de 1948 a un desconocido corresponsal de Prescott (Arizona), David Holland, en la que se aprecia su «realismo», y que, dada su fecha, aún dista de encontrar su sitio en *The Collected Papers of Albert Einstein*:[43]

> Estimado señor:
>
> Debo confesar abiertamente que no me gusta la manera en que Eddington expresó la posición filosófica de la ciencia. La razón es la siguiente:
>
> Todo lo que decimos acerca del mundo real es, por necesidad, hipotético y una construcción de la mente humana. Porque lo que nos es dado de manera directa [*immediately given*] son solamente percepciones sensoriales. Esto es así no sólo para la ciencia física, sino para el mundo del conocimiento del sentido común y no tiene nada que ver especialmente con la situación científica actual. Como siempre, el concepto de la existencia del mundo real es fundamental en la física. Sin él no existiría línea fronteriza entre la psicología y la física. Siempre se considera que esas leyes [de la física] gobiernan la realidad física, y los desarrollos modernos no han cambiado nada al respecto.
>
> La razón del, por así decir, punto de vista idealista de Eddington es el hecho de que actualmente no estamos en absoluto seguros de la base conceptual de la física, y este estado de incertidumbre hace a los físicos reflexivos más conscientes de la libertad lógica en la elección de aquellos conceptos de lo que sucedía antes de la aparición de las teorías cuántica y relativista, cuando la elección de los conceptos elementales parecía fuera de cualquier duda.

Y pocos años más tarde, el 3 de abril de 1953, Einstein respondía a una carta de A. Vibert Douglas, profesor de Astronomía en la Queen's University, en Kingston, Victoria (Canadá), que estaba preparando una biografía de Eddington y quería saber su opinión sobre los logros científicos de éste:[44]

> En mi opinión, el principal logro de Eddington fue su teoría de las estrellas. Sus logros creativos en la teoría de la relatividad y la teoría de la materia no me convencieron. Pero esto puede ser *mi* culpa. El físico-filósofo alemán [Georg Christoph] Lichtenberg [(1742-1799)] dijo una vez: «Si una cabeza y un libro chocan y suena vacío, esto no se debe necesariamente al libro».

La filosofía de Arthur Eddington, el astrofísico y físico teórico de Cambridge que aparece en el capítulo 53 como uno de los principales y primeros defensores de la teoría de la relatividad general, era la del idealismo, la escuela filosófica que sostiene que la realidad no es sino un constructo de la mente, que los objetos que percibimos no pueden tener existencia independiente de una mente que tenga consciencia de ellos. Entre los filósofos a los que se puede considerar «idealistas» figuran Kant, Fichte, Hegel y Schopenhauer.

Eddington, que además de ser un notable astrofísico era un divulgador de éxito, explicó sus puntos de vista en tres de sus libros de carácter bien general o filosófico: *The Nature of the Physical World* (1928), *New Pathways in Science* (1935) y *The Philosophy of Physical Science* (1939). Precisamente porque sus libros tenían un público numeroso, sus ideas filosóficas fueron ampliamente discutidas, como en el caso de las anteriores cartas de Einstein. Veamos

lo que decía al respecto en dos de estos libros, *The Nature of the Physical World* y *The Philosophy of Physical Science*. En el primero escribió:[45]

> La sustancia mental del mundo es, naturalmente, algo más general que nuestras mentes individuales y conscientes […]. La sustancia mental no se extiende en el espacio y el tiempo; éstos son parte del esquema cíclico derivado a la postre de ella. […] Es necesario seguir recordando que todo conocimiento de nuestro alrededor, con el cual hemos construido el mundo físico, ha entrado en forma de mensajes transmitidos a lo largo de los nervios hasta la sede de la conciencia. […]
>
> Para el físico realista es difícil aceptar el criterio de que el sustrato de todo es de carácter mental. Pero nadie puede negar que la mente es la cosa primera y más directa en nuestra experiencia, y todo lo demás remota inferencia, una inferencia ya intuitiva, ya premeditada.

Y en *The Philosophy of Physical Science* decía:[46]

> Cuando tomamos una estructura de sensaciones en una conciencia particular, y la describimos en el lenguaje de la física, como parte de la estructura de un mundo exterior, sigue siendo una estructura de sensaciones y carecería por completo de importancia idear algo distinto de las sensaciones de lo que esa estructura fuese […].
>
> Resumiendo: el universo físico es una estructura que es X, de la cual sólo sabemos que encierra sensaciones en la conciencia. La pregunta ¿qué es X cuando no es una sensación en ninguna conciencia conocida por nosotros? tiene como respuesta correcta: probablemente esa pregunta no tiene sentido y una estructura no implica necesariamente un ente del cual esa estructura sea estructura.

De hecho, no fue sólo en sus libros ensayísticos y de divulgación donde Eddington presentó sus puntos de vista sobre la naturaleza de la realidad; en la última sección («Philosophical Outlook») de uno de

sus textos más especulativos, *Relativity Theory of Protons and Electrons* (1936), se lee:[47]

> Salvo que en la estructura del núcleo nos aguarde alguna sorpresa, la conclusión es clara: no existe nada en todo el sistema de las leyes de la física que no se pueda deducir sin ambigüedad de consideraciones epistemológicas. Una inteligencia, desconocedora de nuestro universo, pero familiarizada con el sistema de pensamiento mediante el cual la mente humana interpreta para sí misma el contenido de su experiencia sensorial, debería ser capaz de alcanzar todo el conocimiento de la física que hemos logrado mediante experimentos. No deduciría los sucesos y objetos particulares de nuestra experiencia, pero deduciría las generalizaciones que tenemos basadas en ellas. Inferiría, por ejemplo, la existencia y propiedades del radio, pero no las dimensiones de la Tierra.

Lo que Eddington estaba diciendo es que sólo con el poder de la mente —humana, o de una inteligencia extraterrestre pero similar de alguna manera a la nuestra— es posible llegar a las leyes básicas que rigen el comportamiento del universo. Él mismo intentó hacer esto, como delata el título del libro que acabo de mencionar, para encontrar una teoría relativista de protones y electrones. «Creo —se lee en esa obra— que se verá que la teoría es puramente deductiva, estando basada en principios epistemológicos y no en hipótesis físicas.»[48]

Como vemos, y por eso he elegido como ejemplo la carta de Einstein a un anónimo David Holland, las cartas pueden ser como un ovillo en el que, al desenrollarse, aparecen todo tipo de situaciones y relaciones.

Querido Isaac, querido Albert

Este libro, cuyo título constituye un guiño a *Isaac*

Newton y a *Albert* Einstein, dos de los personajes más representativos de la historia de la ciencia, está basado en un importante número de cartas que se intercambiaron científicos notables. Comenzando por Kepler y Galileo, entre los protagonistas de esas cartas se encuentran Descartes, Leeuwenhoek, Newton, Huygens, Lavoisier, Laplace, Benjamín Franklin, Linneo, Volta, Faraday, Kelvin, Maxwell, Hertz, Darwin, Wallace, Humboldt, Galois, Wöhler, Liebig, Cantor, Thomas Jefferson, Ramón y Cajal, Pasteur, Virchow, Gauss, János Bolyai, Kronecker, Weierstrass, Sophia Kovalevskaya, Babbage, Ada Lovelace, Poincaré, Marie y Pierre Curie, Bertrand Russell, Ramanujan, Bateson, Freud, Planck, Haber, Rutherford, Einstein, Bohr, Gödel, Lise Meitner, Heisenberg, Pauli, Kapitza, Pauling, Feynman, Von Neumann, Bethe, Oppenheimer y Crick. A éstos hay que añadir otros que comentaron o ayudaron a la difusión de ideas científicas, como Oldenburg, Marx, Engels o Stalin. Aunque el epicentro y la justificación del libro se encuentra en las cartas que incluye, éstas no se reproducen sin más; se insertan en el contexto que les da sentido, contribuyendo de esta manera a enriquecer, a hacer más comprensible un buen número de episodios de la historia de la ciencia, hasta el punto de que este libro podría considerarse como una «historia (parcial) alternativa de la ciencia» desde la Revolución Científica, iniciada en los siglos XVI y XVII, hasta los albores del siglo XXI.

Es imposible en una introducción dar idea de la variedad de temas que tratan las cartas que he seleccionado, pero a modo de ejemplo mencionaré algunas: las que cubren el proceso mediante el cual Edmund Halley convenció, y soportó, al siempre

reacio Isaac Newton para que escribiera su inmortal libro de 1687, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*; la carta que Lavoisier escribió en vísperas de ser guillotinado; las informaciones que Benjamín Franklin dio al presidente de la Royal Society inglesa de las ascensiones aerostáticas que presenció en París; la reacción de Charles Darwin cuando recibió la noticia de que Alfred Russel Wallace había llegado a la misma teoría de la evolución de las especies que él; la carta que Emma, esposa de Darwin, le escribió manifestando su temor de que la ciencia le llevara lejos de la religión (lo que sucedió); la carta que Galois escribió a Auguste Chevalier la noche antes del duelo que acabó con su vida, en la que resumía sus innovadoras ideas matemáticas; la misiva de Friedrich Wöhler a Jöns Jacob Berzelius comunicándole el descubrimiento de que la urea se podía obtener en el laboratorio, con lo que se daba un golpe de gracia al vitalismo, la idea de que existe en la vida una fuerza específica que no es reducible a las de la física o la química; las cartas sobre asuntos científicos —especialmente la teoría de la evolución de las especies— que se intercambiaron Karl Marx y Friedrich Engels; las que escribió Albert Einstein a su entonces novia, Mileva Maric, y otras a varios corresponsales que muestran la influencia que la filosofía ejerció para llegar a la teoría de la relatividad especial; la carta en la que Max Planck explicaba al físico estadounidense Robert Williams Wood el sacrificio intelectual que tuvo que hacer para introducir los cuantos de luz, que abrió la puerta a una revolución en la física, la de la física cuántica, sobre la que trata un buen número de cartas, incluidas las referentes al Proyecto Manhattan, que produjo las primeras bombas atómicas; o la carta

en que Francis Crick explicaba a su hijo el descubrimiento de la estructura del ADN. Y no quiero dejar de mencionar al último corresponsal que he seleccionado, Vladimir Nabokov. Conocido y recordado como un importante novelista, Nabokov fue también un reconocido y entusiasta lepidopterólogo, esto es, un especialista en mariposas, y es precisamente por su pertenencia a dos mundos —por vivir «entre dos aguas», la de la creación literaria y la ciencia— por lo que decidí cerrar el núcleo central de mi libro con él, un hombre que ejemplificó que las famosas «dos culturas» —el concepto introducido por Charles P. Snow— no tienen por qué estar separadas «por un abismo de profunda incomprensión».

Finalmente, he añadido un «Epílogo personal», en el que comento algunos puntos de la relación que, como historiador de la ciencia, he mantenido con las correspondencias. Ahí he incluido algunos ejemplos de cartas que recibí de físicos que han dejado huella en la historia de la ciencia, pensando que sería una pena que su rastro se perdiera.

El tipo de correspondencia a la que está dedicado este libro prácticamente ha desaparecido, y si resiste es en pequeñas islas que pronto sepultarán los océanos digitales. En cierto sentido, *Querido Isaac, querido Albert* es algo así como un pequeño testimonio —¿un réquiem?— de un tiempo pasado que nunca volverá. El casi instantáneo correo electrónico ha convertido en obsoleto a las cartas en papel y al correo postal. Será muy difícil que los historiadores del futuro puedan disponer de este elemento en sus reconstrucciones, sustituido ahora por los correos electrónicos. La tecnología casi siempre gana e impone nuevos modos de vida, de estructuras sociales y relaciones de poder.

¿Quién se acuerda hoy de los luditas, que, en la segunda década del siglo XIX, en las secuelas de la aparición de la máquina de vapor y sus sucesoras, intentaron resistirse a la introducción del maquinismo en la industria textil inglesa? Posiblemente sólo algunos eruditos. Podemos lamentarnos de algunas de las consecuencias de las nuevas tecnologías: que han alterado la naturaleza y práctica del trabajo, convirtiéndolo en más impersonal y cambiante que en el pasado (también, con frecuencia, más cómodo y ágil); o que están haciendo desaparecer la intimidad, algo que, por otra parte, no parece molestar a los millones de usuarios de Facebook, Twitter o YouTube. Todo esto es cierto, aunque también que lo que hacen muchos desarrollos tecnológicos, como los medios de transmisión digital, es precisamente poner a nuestra disposición nuevas maneras de observar, analizar y relacionarnos con el mundo. Por mucho que a algunos pueda pesarles, el pasado, pasado está.

Unas pocas cartas incluidas en este libro aparecieron en los 24 artículos que publiqué entre enero de 2019 y diciembre de 2020 en la revista *Investigación y Ciencia*, aunque casi todos han sido revisados y ampliados sustancialmente aquí. Las fuentes bibliográficas en las que me he basado aparecen como notas a pie de página del título de los diferentes capítulos.[49] Las fuentes son numerosas, testimonio por una parte de lo extensa que es la bibliografía que se ocupa de correspondencias y, por otra, del largo camino que he seguido en la preparación de este libro, un camino cuyo origen se remonta tan atrás en el tiempo que me resulta difícil situarlo.

Finalmente, quiero agradecer a mi editora,

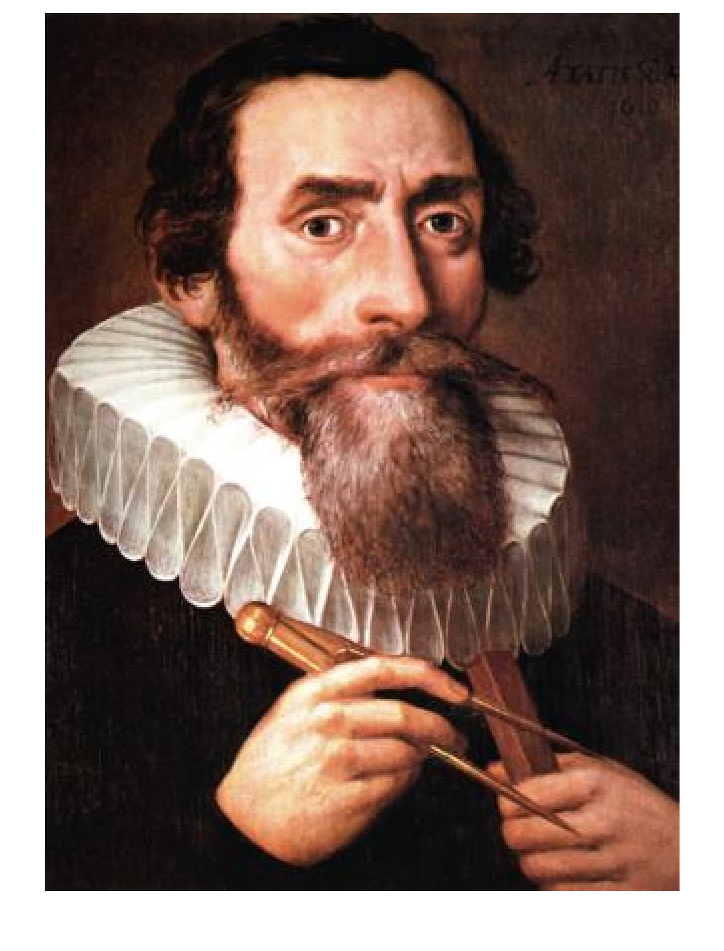
Carmen Esteban, la paciencia que, una vez más, ha tenido conmigo por mis retrasos en la entrega de este libro. Su paciencia y su amistad. Y a Raquel Reguera sus esfuerzos por controlar la edición, no siempre fácil, en particular en lo que a las ilustraciones se refiere. Y a mi esposa, Ana, por haber revisado el texto original, enriqueciéndolo con sus comentarios y correcciones.

Madrid, septiembre de 2022

1
LA RECEPCIÓN DE COPÉRNICO: KEPLER Y GALILEO*

El *Almagesto* de Ptolomeo (*c*. 100-170), la cumbre del sistema geocéntrico, reinó sin oposición hasta la publicación en 1543 de *De revolutionibus orbium coelestium* (*Sobre las revoluciones de los orbes celestes*), en el que Nicolás Copérnico (1473-1543) defendía con buenos argumentos que era el Sol y no la Tierra el que se encontraba en el centro (o cerca) del universo. Ahora bien, la aceptación de la teoría heliocéntrica de Copérnico entre los astrónomos resultó ser un proceso complejo y no demasiado rápido. Contra ella se pronunciaron universidades como la de Zúrich en 1553, la Sorbona de París en 1576 y la alemana de Tubinga en 1582. Inicialmente, sólo un puñado de astrónomos y filósofos naturales del siglo XVI aceptaron el sistema heliocéntrico: Johannes Kepler en Alemania, Thomas Digges y Thomas Harriot en Inglaterra, Giordano Bruno y Galileo Galilei en Italia, Simon Stevin en Holanda, Georg Joachim Rheticus en Austria, Michael Maestlin y Christopher Rothmann en Alemania y, en España, Diego de Zúñiga. De todos éstos, los más importantes para el desarrollo de la Revolución Científica —el período, recuerdo, de los siglos XVI y XVII en el que se sentaron las bases de la ciencia moderna— fueron Kepler (1571-1630) y Galileo (1564-1642). De los dos, a quien más se asocia con la defensa de Copérnico es a Galileo, que sufrió el castigo de la Inquisición romana por el contenido, claramente favorable al sistema heliocéntrico, de su libro de 1632 *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo Tolemaico, e Copernicano* (*Diálogo sobre los dos*

máximos sistemas del mundo, ptolemaico y copernicano), una obra maestra de la literatura científica, escrita en lengua vernácula, el italiano, en una época en la que el latín era el idioma utilizado en este tipo de textos. Los tres personajes creados por Galileo para protagonizar ese diálogo —Salviati, Sagredo y Simplicio (al que muchos consideraron que caracterizaba al papa Urbano VIII, esto es, a Maffeo Barberini), copernicano el primero (en realidad, el *alter ego* de Galileo), neutral el segundo y aristotélico el último— han pasado a formar parte de la cultura universal. Estos tres personajes se inspiraron en personas reales: en dos discípulos y amigos suyos, Filippo Salviati (1583-1614) y Giovanni Francesco Sagredo (1571-1620), y en Simplicio, el famoso comentarista de Aristóteles del siglo VI. Sin embargo, pese a esa asociación del sistema copernicano con Galileo, fue Kepler quien primero se atrevió a mostrarse copernicano.



Johannes Kepler. Autor desconocido (1610).
© *Pictures From History/Akg-images/Album*

En 1596, Kepler publicó un libro, *Mysterium cosmographicum* (*Misterio cosmográfico*), decididamente copernicano, en el que presentaba su idea del universo con el Sol en el centro y mostraba las órbitas de los seis planetas conocidos por entonces como un sistema de esferas circunscritas (tangentes a los vértices) en los cinco poliedros regulares reconocidos —tetraedro, cubo, octaedro, dodecaedro e icosaedro—, que se suponían encajados, uno dentro de otro, a modo de muñeca rusa, con el siguiente orden: octaedro (el más interno), icosaedro, dodecaedro, tetraedro y cubo.

Galileo fue una de las personas a las que Kepler, entonces en Gratz, hizo llegar un ejemplar, y la carta de agradecimiento que el pisano le envió desde Padua el 4 de agosto de 1597 —en latín, pues era consciente de que Kepler no sabía italiano (de hecho, firmó como Galileus Galileus)— es particularmente interesante:

> Tu libro, hombre doctísimo, que me ha sido remitido por Paul Amberger, lo he recibido no hace no unos días, sino unas pocas horas, y como el mismo Paul me hablaba de su retorno a Alemania, he pensado que sería dar muestra de mucha ingratitud no escribirte para darte las gracias. Te las doy, pues, y con tanto mayor motivo por cuanto que tú has tenido a bien, con este signo, solicitar mi amistad.
>
> De tu libro no he leído aún más que el prefacio, lo que me ha permitido, no obstante, entrever algo de tu intención, y ciertamente nada me resulta más agradable que encontrar, en la búsqueda de la verdad, un aliado como tú y hasta tal punto amigo de ésta. Es lamentable, en efecto, que sean tan raros los que se consagran a la verdad y no siguen las doctrinas de una filosofía perversa. Pero como no es éste el lugar para deplorar las miserias de nuestro siglo, sino de congratularme contigo de los notables descubrimientos hechos en confirmación de la verdad, todo lo que tengo que decir es que me prometo leer enteramente tu obra con el ánimo bien dispuesto, convencido como estoy de que encontraré en ella cosas muy bellas. Lo haré con tanta mayor satisfacción por cuanto desde hace muchos años me he convertido a la doctrina de Copérnico, gracias a la cual he descubierto las causas de un gran número de efectos naturales que sin duda no pueden explicarse por la hipótesis común [la geocéntrica]. He escrito sobre esta materia muchas consideraciones, razonamientos y refutaciones que hasta el presente no he osado publicar, atemorizado por la suerte del mismo Copérnico, nuestro maestro, que, si bien se ha asegurado una fama inmortal entre algunos, entre otros infinitos, sin embargo (tan grande es el número de los necios), ha sido objeto de risa y de desprecio. Ciertamente yo me atrevería a sacar a la luz mis reflexiones si existieran muchos hombres como tú, pero como no es así, desisto de tal empresa.
>
> Presionado por el tiempo y por el deseo de leer tu libro, termino esta carta, declarándome tu afectísimo y devoto servidor para todas las cosas. Cuida tu salud y que no te incomode enviarme tus noticias, que serán bienvenidas.

De Padua, víspera de la nona de agosto de 1597.
Muy partidario de tu honor y de tu nombre

GALILEO GALILEI

matemático de la Academia de Padua

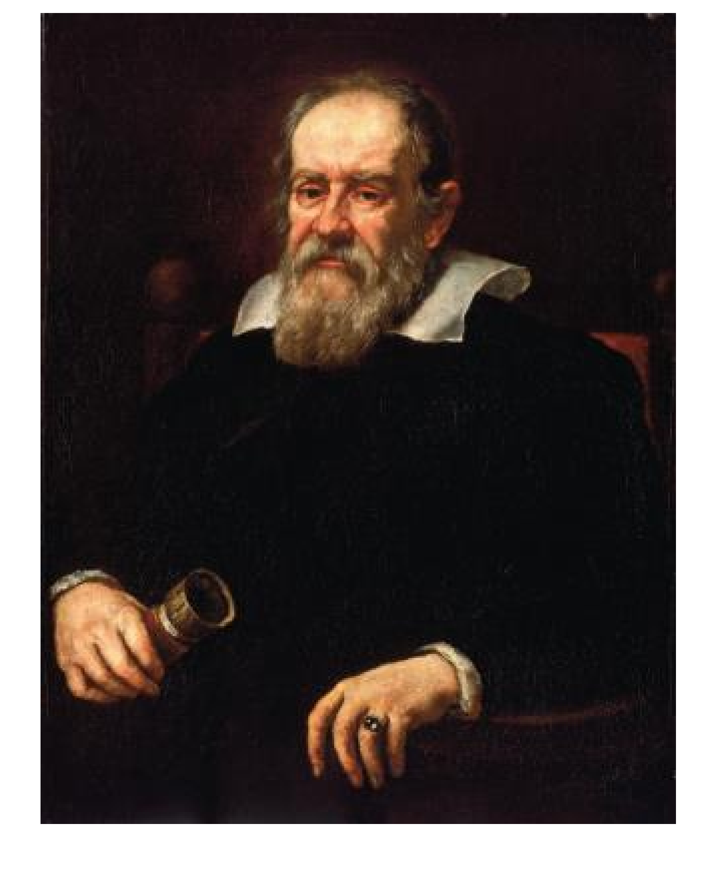
2
GALILEO, EXPLORADOR DE LOS CIELOS Y VÍCTIMA DE LA INQUISICIÓN*

Aunque recordado por la mayoría de las personas como víctima de la Inquisición romana, no se debe olvidar que Galileo Galilei fue un gran científico. Es cierto que Copérnico combatió el sistema geocéntrico y que Kepler arrumbó las órbitas circulares por las elípticas, pero ninguno de ellos, ni otros como Tycho Brahe, avanzaron en el método científico que, finalmente, establecería Isaac Newton en 1687 con su libro *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. Pero antes de Newton, Galileo introdujo un modo esencial para estudiar el movimiento: sustituir la observación de las propiedades por la medida de las magnitudes y el cálculo de las relaciones matemáticas que se descubren en los fenómenos. Para Galileo, las matemáticas eran esenciales para descubrir la realidad, como explicó en una célebre cita de un libro que publicó en 1623: *Il Saggiatore* (*El ensayador*), donde incluía la referencia a las matemáticas como el lenguaje de la ciencia:

> La filosofía [la física actual] está escrita en ese grandísimo libro que tenemos abierto ante los ojos, quiero decir, el universo, pero no se puede entender si antes no se aprende a entender la lengua, los caracteres en los que está escrito. Está escrito en lengua matemática y sus caracteres son triángulos, círculos y otras figuras geométricas, sin las cuales es imposible entender ni una palabra; sin ellos es como girar vanamente en un oscuro laberinto.

La culminación de los estudios de Galileo sobre el

movimiento tardó en llegar, pero llegó. Fue su otro «diálogo», el que publicó en Holanda en 1638: *Discorsi e dimostrazioni matematiche, intorno a due nuove scienze* (*Discursos y demostraciones relativas a dos nuevas ciencias*), obra que contiene joyas como la ley de la caída de los graves. No obstante, su fama reside sobre todo en sus observaciones astronómicas y en la interpretación que realizó de ellas. Su interés por la astronomía llegó hasta cierto punto de forma casual, cuando supo de la existencia de un aparato, el telescopio, que habían construido unos artesanos holandeses. Enseguida (parece que en agosto de 1609), Galileo se construyó uno de pocos aumentos: de tres inicialmente, aunque pronto llegaría a los treinta. Al principio pensó en él como un instrumento militar que le reportaría beneficios. Al menos esto es lo que se deduce de la carta que, desde Padua, dirigió el 24 de agosto de 1609 a Leonardo Donato, el dux de Venecia, en la que decía:



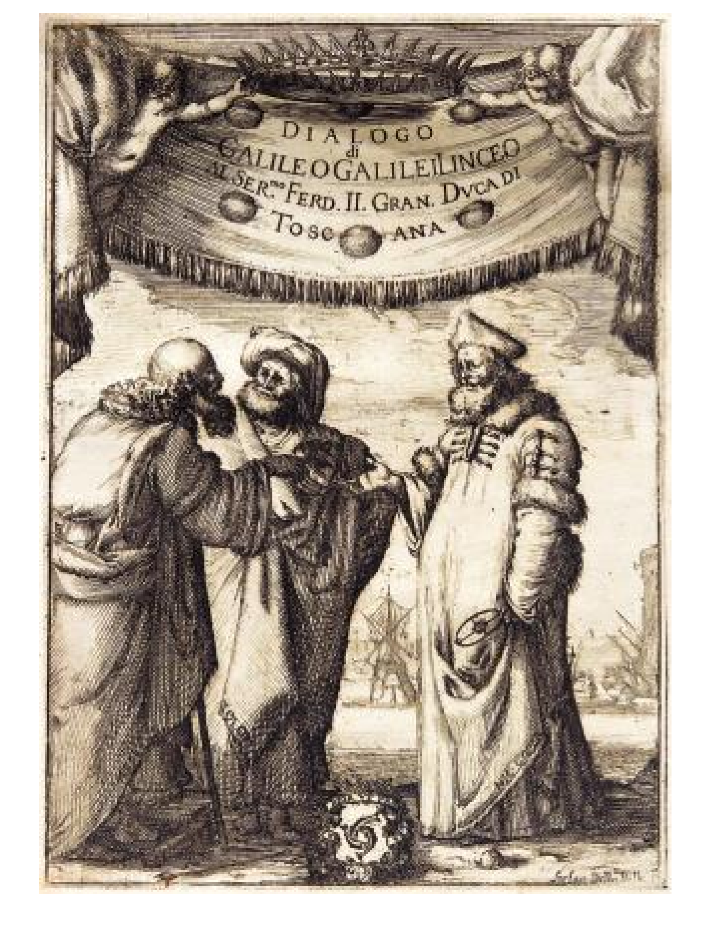
Galileo Galilei, Justus Susterman (1636).

Serenísimo Príncipe, Galileo Galilei, humildísimo siervo de V. S., velando asiduamente y de todo corazón para poder no solamente satisfacer el cargo que tiene de la enseñanza de Matemáticas en la Universidad de Padua, sino también aportar un extraordinario beneficio a V. S. con algún invento útil y señalado, comparece en este momento ante vos con un nuevo artificio consistente en un anteojo extraído de las más recónditas especulaciones de perspectiva, el cual pone los objetos visibles tan próximos al ojo, presentándolos tan grandes y claros, que lo que se encuentra a una distancia de, por ejemplo, nueve millas se nos muestra como si distase tan sólo una milla, lo que puede resultar de inestimable provecho para todo negocio y empresa marítima, al poder descubrir en el mar embarcaciones y velas del enemigo a mayor distancia de la usual, de modo que podremos descubrirlo a él dos horas o más antes de que él nos descubra a nosotros, y distinguiendo además el número y características de sus bajeles

podremos estimar sus fuerzas aprestándonos a su persecución, al combate o a la huida. De igual manera se puede descubrir en tierra, desde alguna elevación, aunque sea distante, los alojamientos y refugios del enemigo en el interior de las plazas, o incluso se puede a campo abierto ver y distinguir en sus detalles todos sus movimientos y preparativos con grandísima ventaja nuestra. Posee además muchas otras utilidades claramente obvias para cualquier persona juiciosa. Y, por tanto, juzgándolo digno de ser aceptado por V. S. y estimándolo utilísimo, ha determinado presentároslo, dejando a vuestro arbitrio juzgar acerca de este invento, para que ordenéis y dispongáis, según parezca oportuno a vuestra prudencia, que sean o no fabricados.

Sin embargo, no tardó mucho Galileo en apuntar su telescopio hacia el cielo. Y allí encontró la mutabilidad que negaban los aristotélicos y tolemaicos. Vio relieves lunares, en lo que se suponía debía ser una esfera perfecta. Vio cuatro estrellas —*mediceas* las llamó, para halagar (y buscar su favor) a Cosme II de Médicis, IV gran duque de Toscana— moviéndose en torno a Júpiter, y también miles de estrellas en la aparentemente continua franja lechosa que llamamos Vía Láctea, la galaxia en la que se encuentra la Tierra. Con todo esto, su ya existente convicción en la verdad del sistema copernicano se reafirmó. Había llegado el momento de defenderlo públicamente. Escribió (1610) a tal fin *Sidereus Nuncius* (*El mensajero sideral*), un texto breve pero cuyo contenido era como una bomba de relojería; en cierto sentido podemos decir que en él se encontraban las semillas de las que brotaría, esplendoroso, veintidós años más tarde, su gran libro *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo Tolemaico, e Copernicano*, de 1632, el libro que le llevó, por una condena de la Inquisición, a ser recluido en una casa que tenía en Arcetri, pero también, finalmente, a la inmortalidad.

No se sabe cómo se inició formalmente el proceso inquisitorial, sí que los enemigos de Galileo se pusieron pronto en marcha. Sucede, y esto es importante, que muchos de esos enemigos eran también críticos y adversarios de la política exterior y cultural de Urbano VIII. Y éste, como no infrecuentemente sucede con los poderosos acosados, encontró en Galileo un buen chivo expiatorio, o, si se prefiere, una buena moneda para contentar a sus rivales. En agosto de ese año se ordenó el secuestro de los ejemplares del *Dialogo* y el papa nombró una comisión para que lo examinase «minuciosa y pausadamente, palabra por palabra». Al mes siguiente, se ordenaba a Galileo que se presentase en octubre ante el comisario del Santo Oficio en Roma. La carta que Galileo envió al cardenal Francesco Barberini, que posteriormente formaría parte del tribunal que le juzgó (fue uno de los tres miembros que se opuso a castigarlo), muestra que intentó quedarse en Florencia, protegido por la República de Toscana.



Frontispicio del *Diálogo* de Galileo de 1632.

Galileo a Francesco Barberini, en Roma:

Florencia, 13 de octubre de 1632

Eminentísimo y Reverendísimo señor y muy honorable patrón:

Que mi *Dialogo*, Eminentísimo y Reverendísimo Sr., últimamente publicado, haya tenido que encontrar contradictores, fue previsto por mí y por todos mis amigos, porque las vicisitudes de las otras obras que yo había hecho imprimir antes me lo aseguraban, y porque tal es el ordinario destino de las doctrinas comunes e inveteradas. Pero que el odio de algunos contra mí y mis escritos, sólo porque ensombrecen, en parte, el esplendor de los suyos, haya sido capaz de imprimir en las mentes santísimas de los superiores la convicción de que este libro mío es indigno de

aparecer a la luz, es algo totalmente inesperado. Por ello, la orden que hace dos meses se dio al impresor y a mí de no publicar mi libro fue una notificación muy grave. No obstante, era de gran alivio la pureza de mi conciencia, que me persuadiría que no me resultaría difícil manifestar mi inocencia; yo esperaba y deseaba con fuerza que se me daría ocasión de poder sincerarme, y confiaba al mismo tiempo que mi humildad, reverencia, sumisión y absolutísima aceptación de la autoridad sobre todos mis pensamientos hubiera sido capaz de, a la menor señal, ir no sólo a Roma, sino al fin del mundo. Por ello, no puedo negar que la intimación que se me ha hecho últimamente de orden de la Sacra Congregación del Santo Oficio, de que debo presentarme antes del final de este mes ante ese muy alto tribunal, me resulta de grandísima aflicción. En particular cuando considero conmigo mismo que el fruto de todos mis estudios y fatigas de tantos años, que antes habían llevado mi nombre por los oídos de los hombres de saber y me habían valido una fama no del todo oscura, se han convertido ahora en graves faltas en mi reputación. Ello ha dado motivo a mis rivales para dirigirse contra mis amigos, cerrándoles la boca, no ya a los elogios, sino incluso a las excusas para conmigo, al oponerles que yo he merecido finalmente ser citado al tribunal del Santo Oficio, acción que no se practica nunca sino para los delitos graves. Hasta tal punto esto me aflige que me hace detestar todo el tiempo que he empleado en esa clase de estudios, con los que yo ambicionaba y esperaba poder separarme algo del sendero vulgar y trillado de los estudiosos. Además de arrepentirme de haber comunicado al mundo una parte de mis trabajos, he experimentado deseos de destruir y entregar a las llamas los que me quedan en las manos, dando así plena y entera satisfacción a las ansias de mis enemigos, a quienes mis pensamientos tanto incomodan.

Tal es, Eminentísimo Sr., la aflicción que me atormenta sin cesar, y que, añadiendo una continua vigilia al peso de mis setenta años y a otras indisposiciones corporales mías, me asegura que emprendo un viaje que, por su longitud, sus extraordinarias dificultades y sus fatigosas incomodidades, no realizaré con vida ni la mitad. Por ello, impulsado por el deseo natural de todo hombre de preservar la propia salud, he tomado la resolución de recurrir a la intercesión de V. E., animado por la inefable bondad que todo el mundo reconoce en vos, y de la que yo, más que nadie, he recibido pruebas, suplicándoos que hagáis saber a esos prudentísimos padres mi compasible estado presente, no para huir de dar cuenta de mis actos, porque eso lo deseo fuertemente, sino sólo para que me faciliten el medio de obedecerles y de

sincerarme. No faltará a la prudencia de los sapientísimos padres el modo de conseguir benignamente su propósito, a mí, por ahora, se me ocurren dos maneras. Una es que estoy prestísimo a poner por escrito y a explicar minuciosa y detalladamente todas las cosas dichas, escritas o realizadas por mí desde el primer día en que el libro de Copérnico, y su renovada doctrina, suscitó alguna emoción. Escrito en el que estoy más que seguro de que dejaré totalmente clara y evidente la sinceridad de mi mente y el purísimo, lleno de celo y santísimo afecto hacia la Santa Iglesia y su rector y ministros, que no habrá nadie, sin pasión y sin alteración en el afecto, que no confiese que me he comportado de manera tan piadosa y católica que cualquiera de los padres que están honrados con el título de santos no lo habría podido mostrar mayor. He tomado conmigo todos los escritos que con tal motivo hice aquí y en Roma, a través de los cuales (vuelvo a decirlo) todo el mundo comprenderá que no me ha movido a implicarme en esta empresa otra cosa que el celo hacia la Santa Iglesia y el deseo de suministrar a sus ministros las noticias que me han procurado mis largos estudios, de algunas de las cuales quizá alguien pudiese sentir necesidad en cuanto que se trataba de materias oscuras y apartados de las doctrinas más corrientes. Estoy seguro de que me resultará facilísimo hacer claro y evidente que en el ponerme a realizar tal empresa fue importante invitación las determinaciones y santísimos preceptos repartidos en tantos lugares de los libros de los sagrados doctores de la Santa Iglesia, y como finalmente la confirmación definitiva en mi propósito me vino a oír un pronunciamiento brevísimo pero santísimo y admirable que como un eco del Espíritu Santo de pronto salió de la boca de una persona eminentísima en doctrina y venerada por la santidad de su vida; pronunciamiento tal que en sí contiene en menos de diez palabras, reunidas con tanta gracia como finura, cuanto se encuentra diseminado en largos discursos en los libros de los sagrados doctores. Por ahora, callaré la admirable sentencia y al autor de la misma, ya que me parece prudente y conveniente no mezclar a nadie en el asunto presente, en el que sólo entra en consideración mi persona.

Si yo tengo la dicha de obtener la gracia, ¡oh, cómo espero que mi inocencia sea reconocida y aceptada por estos prudentísimos y justísimos padres!; ¡cuál será su asombro cuando descubran la estratagema usada por un hombre cegado e incitado a echar la primera piedra, no por celo piadoso, sino por odio, y no contra tal o cual doctrina, sino contra mi persona! Difícilmente me resignaré a creer que una demanda que estimo tan razonable me deba ser negada, tanto más por cuanto al concederla no quita el poderme

constreñir en la forma ya iniciada. ¿Y quién querrá negarme tal audiencia por escrito, imponiéndome un esfuerzo insuperable por mi debilidad, por las causas ya expuestas, cuando yo aseguro que al oír mis razones compadecerá mi estado y juzgará que mi demérito (si hay una sombra de él) ha sido más que suficientemente castigado por el tormento que me han causado hasta el presente las, me temo, poco sinceras informaciones de otro? Y en el caso de que mi escrito no satisfaga plenamente todos los extremos que se me imputan y de los que se me acusan, se me podrán proponer las dificultades particulares, y yo no dejaré de responder lo que Dios me dicte. Pero dudo, eminentísimo y reverendísimo señor mío, que mis adversarios se apresuren a poner en el papel aquello que caso han dicho contra mí de viva voz y *ad aures* [a los oídos] igual que yo me ofrezco a poner por escrito mi defensa.

Finalmente, si se rehúsa aceptar mis justificaciones por escrito y se quiere que sean pronunciadas de viva voz, aquí hay inquisidor, nuncio, arzobispo y otros ministros de la Santa Iglesia, ante los cuales estoy prestísimo a presentarme al menor requerimiento; además, me parece bastante plausible que se hayan tratado ante estos tribunales causas más graves. Apenas es verosímil que a la mirada muy perspicaz y llena de celo de los que leyeron mi libro con pleno poder de efectuar añadidos, cambios o supresiones, a voluntad, haya pasado desapercibido un error tal, sin ser visto, que no pueda ser corregido y castigado por los superiores de esta ciudad.

Éstos son los medios, eminentísimo señor, que se me ocurren para salvar mi vida y para satisfacer a ese excelso y venerado tribunal. Ruego de vuestra benevolencia se digne presentarlos, excusándome al mismo tiempo si por mi ignorancia he cometido algún error. Y como última conclusión, si la avanzada edad, ni las muchas indisposiciones corporales, ni las aflicciones de la mente, ni lo largo de un viaje muy penoso por las actuales amenazas [el temor a la peste], se consideran por ese muy santo y excelso tribunal excusas suficientes para solicitar una dispensa o un aplazamiento, me pondré en marcha, anteponiendo el obedecer al vivir. Ahora, eminentísimo y reverendísimo señor, inclinándome con toda humildad, os beso los vestidos y le pido a Dios os colme de felicidad.

De Florencia, el 13 de octubre de 1632.

De V. eminencia Rma.

Humildísimo y muy obediente siervo

GALILEO GALILEI

Pero su gestión no tuvo éxito y Galileo tuvo que viajar a Roma. Antes de partir, el 15 de enero de 1633, escribió una carta muy interesante a Elia Diodati (1576-1661), un abogado de París, nacido en Ginebra en el seno de una familia protestante, que había conocido a Galileo hacia 1620 durante uno de sus viajes a Italia (fue el primero en recibir en Francia un ejemplar del *Dialogo* y se encargó de que Mathias Bernegger lo tradujese al latín). La carta respondía a una de Diodati en la que solicitaba la opinión de Galileo y, aunque el pretexto era algunos escritos anticopernicanos (en 1634 publicó *Anti-Aristarchus*), de Libert Froidmont —un teólogo y científico de Lieja, corresponsal de Descartes, que en su juventud había seguido y explicado a sus alumnos las teorías de Galileo, pero que se convirtió luego en un ferviente aristotélico y anticopernicano—, la misiva de Galileo tal vez pretendiese ser una especie de testamento intelectual dirigido a los protestantes, en caso de que fuese silenciado para siempre en Roma:

> En lo que respecta a Froidmont, hubiese deseado no haberle visto caer, en mi opinión, en un grave aunque extendido error; es decir, a fin de refutar las opiniones de Copérnico, lanza primero desdeñosos chistes a sus seguidores, y luego (lo que me parece todavía menos adecuado) se fortifica a sí mismo por la autoridad de las Sagradas Escrituras, y finalmente va tan lejos como denominar sobre esas bases a esos puntos de vista nada menos que heréticos. Que semejante proceder no es digno de alabanza me parece muy fácil de demostrar. Porque si yo le preguntase a Froidmont quién ha hecho el Sol, la Luna, la Tierra y las estrellas, y dispusiera su orden y movimientos, creo que respondería, «Son creaciones de Dios». Si le preguntase quién inspiró las Sagradas Escrituras, sé que respondería, «el Espíritu Santo», que igualmente significa Dios. El mundo es por tanto el trabajo y las Escrituras son la palabra del mismo Dios. [...] Nunca cambia nada en la naturaleza a fin de acomodarse a la comprensión o a las ideas de los hombres. Pero si fuese así, ¿por qué, en nuestra búsqueda del

conocimiento de las diversas partes del universo, deberíamos empezar antes con las palabras que con los trabajos de Dios? ¿Es el trabajo menos noble o menos excelente que la palabra? Si Froidmont o cualquier otro ha establecido que la opinión de que la Tierra se mueve es una herejía, y si después de la demostración, observación, y la concatenación necesaria probase que se mueve, ¿a qué situación de desconcierto hubiese conducido él mismo a la Santa Iglesia?

Hace muchos años, cuando comenzaba el revuelo sobre Copérnico, escribí una carta de cierta longitud [*Lettera a Benedetto Castelli* (1613)] en la que, apoyada por la autoridad de numerosos Padres de la Iglesia, demostraba cuán abusivo era apelar tanto a las Sagradas Escrituras en materia de ciencias naturales, y proponía que en el futuro no se debería hacer. En cuanto me encuentre con menos apuros, le enviaré una copia. Digo «con menos apuros» porque justo ahora salgo para Roma, a donde he sido requerido por el Santo Oficio, que ya ha prohibido la circulación de mi *Dialogo*. He oído a través de partes bien informadas que los Padres Jesuitas han insinuado en las más altas instancias que mi libro es más execrable e injurioso que los escritos de Calvino y Lutero. Y todo esto pese a que, a fin de conseguir el *imprimatur*, fui en persona a Roma y sometí el manuscrito al Maestro de Palacio, quien lo escrutó de la manera más cuidadosa, alterando, añadiendo y omitiendo, y que, incluso después de haberle dado el *imprimatur*, ordenó que fuese examinado de nuevo en Florencia. El revisor de aquí, no encontrando nada que alterar, y a fin de demostrar que lo había revisado cuidadosamente, se contentó con sustituir algunas palabras por otras, como, por ejemplo, en diversos lugares «universo» por «naturaleza», «cualidad» por «atributo», «espíritu sublime» por «espíritu divino», excusándose ante mí por ello diciendo que preveía que yo iba a tener que arreglármelas con fieros enemigos y amargos perseguidores, como así ha sucedido.

En Roma, Galileo sufrió un primer interrogatorio el 12 de abril de 1633. Finalmente, los cardenales inquisidores, reunidos el 22 de junio de 1633 en el monasterio dominico de Santa María Sopra Minerva, leyeron delante de Galileo su sentencia:

Decimos, proclamamos, sentenciamos y declaramos que vos,

Galileo, en razón de las cuestiones que han sido expuestas en el juicio y que vos habéis confesado, según el veredicto de este Santo Oficio, sois declarado altamente sospechoso de herejía principalmente por haber sostenido y creído en la doctrina, que es falsa y contraria a las Sagradas Escrituras, de que el Sol es el centro del mundo y no se mueve de oriente a occidente y que la Tierra se mueve y no es el centro del mundo, y que se puede sostener y defender como probable una opinión después de que ha sido declarada y calificada como contraria a las Sagradas Escrituras. Por tanto, habéis violado las censuras y sanciones establecidas y promulgadas por el canon sagrado y todas las leyes tanto generales como particulares contra tales delitos. Sería voluntad nuestra absolveros de ellos siempre que antes adjurarais, maldijerais y renegarais en nuestra presencia de todo corazón y con fe verdadera de los citados errores y herejías, así como de cualquier otro error o herejía contrarios a la Iglesia católica y apostólica de la forma y manera que os prescribamos.

Además, para que ese error pernicioso y grave y esta transgresión vuestra no queden tampoco sin castigo con el fin de que seáis más prudente en el futuro, y como ejemplo para que otros se abstengan de cometer delitos de esta naturaleza, ordenamos que el libro titulado *Diálogo de Galileo Galilei* sea prohibido mediante un edicto público.

Os condenamos a la reclusión formal en este Santo Oficio a nuestra voluntad. Como penitencia os imponemos que recéis los siete salmos penitenciales una vez a la semana durante los próximos tres años. Y nos reservamos el derecho de suavizar, conmutar o retirar las citadas penas y castigos en parte o en su totalidad. Esto es lo que decimos, proclamamos, sentenciamos, ordenamos y nos reservamos de esta o de cualquier otra forma que en razón podamos o queramos establecer. Así lo proclamamos los cardenales abajo firmantes.

Y Galileo aceptó las condiciones que se le imponían para así evitar males mayores. Éstas fueron sus tristes palabras:

Yo, Galileo Galilei, hijo del fallecido Vincenzo Galilei de Florencia, de setenta años de edad, juzgado personalmente por este tribunal, y arrodillado ante Vosotros, Eminentísimos y Reverendísimos Señores Cardenales, Inquisidores Generales de la República Cristiana contra las depravaciones heréticas, teniendo

ante mis ojos los Santísimos Evangelios y poniendo sobre ellos mi propia mano, juro que siempre he creído, creo ahora y que, con la ayuda de Dios, creeré en el futuro todo lo que la Santa Iglesia Católica y Apostólica mantiene, predica y enseña.

Pero como yo, tras haber sido amonestado por este Santo Oficio a abandonar completamente la falsa opinión de que el Sol es el centro inmóvil del universo, y que la Tierra no es el centro del universo y se mueve, y a no sostener, defender o enseñar de ninguna manera, ni oralmente ni por escrito, la mencionada falsa doctrina; y tras haberme sido notificado que dicha doctrina es opuesta a las Sagradas Escrituras, escribí y di a imprenta un libro en que trato de dicha doctrina ya condenada, y presento argumentos de mucha eficacia en su favor, sin llegar a ninguna conclusión: he sido hallado vehementemente culpable de herejía, es decir, de haber mantenido y creído que el Sol es el centro inmóvil del universo, y que la Tierra no está en el centro del universo y se mueve.

Sin embargo, deseando eliminar de las mentes de vuestras Eminencias y de todos los fieles cristianos esta vehemente sospecha razonablemente concebida contra mí, abjuro con corazón sincero y piedad no fingida, condeno y detesto los dichos errores y herejías, y generalmente todos y cada uno de los errores y sectas contrarios a la Santa Iglesia Católica. Y juro que en el futuro nunca más defenderé con palabras o por escrito cosa alguna que pueda acarrearme sospechas semejantes; y si conozco algún hereje, o sospechoso de herejía, lo denunciaré a este Santo Oficio, o al Inquisidor y Ordinario del lugar donde me encuentre.

A pesar de todo, pese a haber sido condenado, Galileo recibió privilegios, que mencionaba desde la casa de campo que poseía en Arcetri, cerca de Florencia, en una carta que dirigió el 25 de julio de 1634 a Elia Diodati:

Muy ilustre Sr. y muy honorable patrón:

Espero que el conocimiento de mis pasadas y presentes tribulaciones, junto con las que me amenazan en el porvenir, me excusará ante V. S. y ante otros amigos y patrones de esa ciudad de la dilación en responder a vuestras cartas, en cuanto a vos, y en cuanto a los demás, del total silencio, si éstos pueden ser puestos al corriente por V. S. de la siniestra dirección que han

tomado mis asuntos estos últimos tiempos.

En la sentencia pronunciada en Roma fui condenado por el Santo Oficio a cárcel a la discreción de su Santidad, el cual tuvo a bien asignarme como prisión el palacio y el jardín del gran duque en la Trinità dei Monti; y como esto sucedió el año pasado en el mes de junio y como se me indicó que pasado ese mes y el siguiente, si yo pedía la gracia de la liberación total, la obtendría, para no tener (forzado por la estación) que quedarme allí todo el verano obtuve el cambio a Siena, donde se me asignó la casa del arzobispo. Allí permanecí cinco meses, tras los cuales mi prisión fue cambiada a confinamiento en esta pequeña villa alejada una milla de Florencia, con las órdenes estrictas de que no podía ir a la ciudad ni invitar a mis amigos, ni reunirme con varios de ellos al mismo tiempo para conversar. Aquí vivía entonces muy reposadamente, hacía frecuentes visitas a un monasterio próximo, donde tenía a dos hijas monjas, muy queridas por mí, en particular la mayor, mujer de exquisito ingenio, de singular bondad y muy afectuosa conmigo. Ésta, como consecuencia de una acumulación de humores melancólicos acaecida durante mi ausencia, que ella consideraba era para mí tiempo de penosas pruebas, contrajo finalmente una disentería galopante y murió en seis días, a los treinta y tres años de edad, dejándome en la más profunda aflicción, que otra circunstancia redobló. Fue ésta que, cuando yo regresaba del convento a mi casa en compañía del médico, que venía de visitar a mi hija enferma poco antes de expirar, y me iba éste diciendo que el caso era totalmente desesperado y que no pasaría el día siguiente, lo cual se verificó; al llegar a casa encontré allí al vicario del inquisidor que había venido para indicarme, por orden del Santo Oficio de Roma, recibido por el inquisidor con una carta del S. cardenal Barberini, que debía desistir de solicitar permiso para volver a Florencia y que, de otro modo, se me haría volver a Roma a las verdaderas cárceles del Santo Oficio. Y ésta fue la respuesta que se dio al memorial que el Sr. embajador de Toscana, nueve meses después de mi condena, había presentado a dicho tribunal. De una tal respuesta me parece que se puede sacar la conjetura muy probable de que no dejaré la prisión en la que estoy más que a cambio de aquella otra, común, estrecha y de larga duración.

Las dos hijas monjas que Galileo mencionaba en su carta a Diodati eran Virginia (1600-1634) y Livia (1601-1659), junto a Vincenzio (1606-1649), fruto de

la larga relación que mantuvo con Marina Gamba (1570-1619). En 1613, Galileo llevó a ambas al convento de San Mateo de las monjas clarisas ubicado en Arcetri, donde pasarían el resto de sus vidas. No fue fácil hacerlo, ya que no cumplían los requisitos para ser admitidas: no tenían todavía la edad exigida, lo que Galileo solucionó colocándolas inicialmente como pensionadas, y eran hijas naturales, mientras que la ley religiosa prohibía que hermanas de esta clase estuvieran en el mismo convento; esto se solucionó con una dispensa de Roma. Galileo, pese a los problemas que tuvo, mantuvo buenos contactos con la jerarquía romana. Después de tres años en el convento, Virginia tomó las órdenes, adoptando el nombre, con connotaciones tanto paternas como religiosas, de sor María Celeste, y Livia lo hizo al año siguiente, con el nombre de sor Arcángela.

María Celeste fue, efectivamente, una mujer inteligente que quiso mucho a su padre. Las 124 cartas de María a Galileo que aún se conservan están llenas de delicados detalles y, sobre todo, de mucho mucho amor a su progenitor. Así, poco después de conocer la sentencia que el Santo Oficio decretó contra Galileo, sor María Celeste escribía a su padre el 2 de julio:

> Ilustre y queridísimo padre:
>
> Tan súbita e inesperadamente como las noticias de vuestro nuevo tormento llegaron hasta mí, señor, así desgarró mi alma dolorosamente el hecho de conocer la sentencia que finalmente se ha dictado y por la que se os censura a vos tan severamente como a vuestro libro. Supe de todo esto molestando al *signor* Geri porque, al no recibir ninguna carta vuestra esta semana, no pude quedarme tranquila, como si supiera ya lo que había sucedido.
>
> Mi queridísimo señor padre, ahora es el momento de valeros más que nunca de la prudencia que Dios os ha dado para soportar este golpe con esa fortaleza de espíritu que vuestra religión,

vuestra profesión y vuestra edad precisan. Y como vos, en virtud de vuestra vasta experiencia, podéis acallar esas afirmaciones gracias al conocimiento pleno de la falsedad y mudanza de todas las cosas de este desdichado mundo, no debéis dejaros llevar demasiado por la tempestad, sino más bien alimentar la esperanza de que pase pronto y transforme las preocupaciones en serenidad.

Os digo todo esto al dictado de mis propios deseos y también de lo que parece ser un augurio de indulgencia hacia vos por parte de su santidad, señor, que os ha enviado a prisión a un lugar tan encantador, con lo cual podemos esperar otra conmutación de vuestra pena que esté aún más de acuerdo tanto con vuestros deseos como con los nuestros; quiera Dios que acaben así las cosas, si fuera para mejor fin. Mientras tanto, os ruego que no me dejéis sin el consuelo de vuestras cartas ni sin darme noticias de vuestro estado, tanto físico como sobre todo espiritual. Aunque termino aquí mi carta, nunca dejo de acompañaros con mis pensamientos y mis oraciones con los que pido a Su Majestad divina que os proporcione paz y consuelo verdaderos.

En San Matteo, a 2 de julio de 1633.

Vuestra hija afectísima

Podemos imaginar el dolor, el sentimiento de abandono definitivo, que debió de sentir Galileo al fallecer su hija María Celeste.

3

DESCARTES Y LAS CONSECUENCIAS DEL JUICIO A GALILEO*

Aunque habitualmente se le adjudica el calificativo de «filósofo», lo que ciertamente también fue, René Descartes (1596-1650) figura asimismo por derecho propio entre los grandes nombres de la ciencia. De sus aportaciones a ésta recordaré en primer lugar la que hizo a la matemática. Aun siendo muy poderosa, la geometría que se encontraba en los *Elementos*, de Euclides, adolecía de limitaciones, asociadas a las dificultades que encontraron los griegos para tratar con curvas de alguna complejidad. Fueron Pierre de Fermat (1607-1665) y, sobre todo, Descartes quienes resolvieron este problema introduciendo el álgebra en la geometría, construyendo una «geometría de coordenadas» o «geometría analítica», nombre que surgió en el siglo XIX.

En su célebre *Discours de la méthode* (*Discurso del método*, 1637), más concretamente en uno de sus tres apéndices, el dedicado a la «Geometría», Descartes encontró el medio de identificar cada uno de los puntos de un plano, al construir dos rectas que se cortaban perpendicularmente. La vertical es el eje de las *abscisas* y la horizontal, el de las *ordenadas*, ambas líneas graduadas para medir las distancias de un punto cualquiera a los ejes. Una línea recta se concibió como infinitos puntos que tienen la misma dirección, y una circunferencia, como el conjunto de puntos situados a la misma distancia del centro; de forma analítica se representan por, respectivamente, las ecuaciones $ax + by = c$, y $x^2 + y^2 = R^2$, donde a, b, c son constantes, x e y las variables que representan los puntos de las líneas y R el radio de la circunferencia. En otras

palabras, «aritmetizó» la geometría, lo que permitió resolver los problemas y demostrar los teoremas sin necesidad de la argumentación geométrica.



René Descartes.
© *Universal Images Group/Album*

En física, y precediendo a Isaac Newton, Descartes formuló en toda su generalidad el principio de inercia, como se puede comprobar en uno de sus libros, *Les Principes de la Philosophie* (*Los principios de la filosofía*, 1644). Fue en el apartado número 37 de la segunda parte («Principios de las cosas materiales»), en la que trataba de la ciencia del universo, los cuerpos, la extensión, la materia, el tiempo, así como de las leyes del movimiento y de los choques, donde Descartes enunció la ley de la inercia: «La primera ley de la naturaleza: que cada cosa permanece en el estado en que está, mientras nada la cambie». Y en el

apartado 39 añadía: «La segunda ley de la naturaleza: que todo cuerpo que se mueve tiende a continuar su movimiento en línea recta». Todavía de manera más explícita, en el comentario que venía a continuación manifestaba: «La segunda ley que yo encuentro en la naturaleza es que cada parte de la materia [...] no tiende jamás a continuar moviéndose siguiendo líneas curvas sino siguiendo líneas rectas».

Ante la razonable pregunta de cómo llegó Descartes a estas dos leyes, hallamos una indicación muy valiosa en esos mismos comentarios: «Esta regla, como la precedente, depende de que Dios es inmutable y que conserva el movimiento de la materia de una manera muy simple; porque no lo conserva como pudo haber sido en cualquier momento anterior sino como es en el preciso instante en que lo conserva». Este tipo de argumentación, impregnada de elementos teológico-filosóficos, impide que consideremos a Descartes como un científico del tipo de Galileo, cuyos argumentos nacían de la observación. Al contrario que el pisano, en este punto Descartes se comportaba más como un filósofo que como un científico de la clase que produciría la Revolución Científica.

En lo personal, resaltaré que su vida transcurrió por diferentes países. Francés de nacimiento, pasó algunos años en Holanda y Alemania y luego regresó a Francia, en donde trabajó en París entre 1625 y 1628. Pero buscando la paz y la seguridad de libre pensamiento que su patria natal no siempre le aseguraba, se instaló en Holanda, donde permaneció desde 1629 hasta septiembre de 1649, fecha en que, a requerimiento de la ilustrada reina Cristina de Suecia, se trasladó a Estocolmo; aquí falleció poco después (el

11 de febrero de 1650) como consecuencia de una neumonía. Las cartas que siguen las dirigió al sacerdote, matemático y filósofo francés Marin Mersenne (1588-1648), quien fue su principal corresponsal.[1] En ellas se comprueba que los efectos de la condena que sufrió Galileo en 1633 no se limitaron a éste, sino que transcendieron y alcanzaron a otros, como Descartes, que no deseaba sufrir.

La primera de las dos cartas que citaré la escribió Descartes a Mersenne desde Deventer (Países Bajos) a finales de noviembre de 1633:

> En este punto estaba cuando he recibido vuestra última carta del once de este mes, y quería hacer como los malos pagadores, que cuando sienten que se acerca el término de su deuda van a pedir a sus acreedores que les den un poco más de plazo. Me habían propuesto, en efecto, enviaros mi *Monde* como regalo de año nuevo, y hace tan sólo quince días todavía estaba completamente decidido a enviaros por lo menos una parte, en caso de no poder tenerlo transcrito en su totalidad para esas fechas. Pero os diré que en esos días había hecho preguntar en Leiden y en Ámsterdam si se encontraba el *Sistema del mundo* de Galileo [se refiere al *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*], porque me parecía haber tenido noticia de que se había impreso en Italia el pasado año; y me comunicaron que era cierto que se había impreso, pero que al mismo tiempo habían sido quemados en Roma todos los ejemplares, y él condenado a una retractación: esto me asombró tanto que casi me decidí a quemar todos mis papeles o al menos a no dejarlos ver a nadie. Pues no alcancé a imaginarme que él, que es italiano y hasta apreciado por el Papa según oigo, únicamente ha podido ser criminalizado porque, sin duda, ha querido establecer el movimiento de la Tierra. Ya sé que esto fue censurado hace tiempo por algunos Cardenales, pero yo creía haber oído decir que después no se había dejado de enseñar públicamente, ni siquiera en Roma. Y confieso que, si es falso, todos los fundamentos de mi Filosofía lo son también, pues se demuestra por ellos evidentemente. Y está tan unido a todas las partes de mi Tratado que no podría desligarlo sin volver muy defectuoso el resto. Pero como no quisiera por nada del mundo que saliera de mí un discurso donde se encontrara la menor palabra que fuera desaprobada por la Iglesia, también prefiero suprimirlo antes que sacarlo a la luz mutilado. Nunca he sentido

la inclinación de hacer libros, y si no hubiera empeñado mi palabra con vos y algunos otros amigos míos, a fin de que el deseo de cumplir mi promesa me obligara tanto más a estudiar, nunca lo habría llevado a cabo. Pero, después de todo, estoy seguro de que no me enviaríais ningún sargento para forzarme a satisfacer mi deuda, y puede que os agrade quedar exento de la molestia de leer algo malo. En Filosofía hay ya tantas opiniones que tienen verosimilitud y que pueden ser sostenidas en discusión que si las mías no contienen nada más cierto y no pueden ser aprobadas sin controversia, no las quiero publicar nunca. Sin embargo, como sería de mal gusto que, tras habéroslo prometido todo y tanto tiempo, pretendiera pagaros con un desplante, no dejaré de mostraros tan pronto como pueda cuanto he hecho; pero os pido aún, si os parece bien, un año de demora para revisarlo y pulirlo. Vos me advertisteis del dicho de Horacio: *nonumque prematur in annum* [«guardar nueve años en reserva»], y sólo hace tres que comencé el Tratado que pienso enviaros. Os ruego también que me mandéis lo que sepáis del asunto de Galileo.

El libro, *Monde*, que mencionaba Descartes no se publicó mientras vivía. Apareció en 1664 con el título de *Traité du monde et de la lumière* (*Tratado del mundo y de la luz*). Con anterioridad a la carta anterior, en otra fechada el 22 de julio de 1633 y también escrita desde Deventer, Descartes anunciaba a Mersenne que:

Mi Tratado está casi terminado, pero me queda todavía corregirlo y reescribirlo, y porque no me falta nada nuevo que buscar, me da tanta pereza trabajar en él que, si no os hubiese prometido, hace más de tres años, enviároslo a finales de este año, no creo que pudiera seguir con él durante mucho tiempo; pero quiero cumplir mi promesa.

Mersenne no respondió a la carta de Descartes de noviembre de 1633, motivo por el cual Descartes volvió a escribirle en febrero del año siguiente, esta vez desde Ámsterdam:

Aunque no tenga nada de particular que comunicaros, con todo, dado que hace ya más de dos meses que no he recibido noticias vuestras, he creído que no debo esperar más tiempo para escribiros; pues si no hubiera tenido abundantes pruebas de la buena voluntad que me hacéis el favor de dispensar, para tener algún motivo de duda, casi temería que se hubiera enfriado un

> poco tras haber faltado a la promesa que os hice de enviaros alguna cosa de mi Filosofía. Pero, por otra parte, mi conocimiento de vuestra virtud me lleva a esperar que no tendréis sino mejor opinión de mí al ver que he optado por suprimir enteramente el Tratado que había hecho y perder casi todo mi trabajo de cuatro años, para rendir una completa obediencia a la Iglesia, en tanto que ésta ha prohibido la opinión del movimiento de la Tierra. Y, sin embargo, como aún no he visto que ni el Papa ni el Concilio hayan ratificado esa prohibición, hecha solamente por la Congregación de los Cardenales establecida para la censura de libros, me gustaría mucho saber qué se dice ahora en Francia, y si su autoridad ha sido suficiente para hacer de ella un artículo de fe. He dejado que me cuenten que los Jesuitas han ayudado a la condena de Galileo; y todo el libro del Padre Scheiner muestra suficientemente que no son sus amigos. Pero, por lo demás, las observaciones que se hallan en ese libro proporcionan tantas pruebas para privar al Sol de los movimientos que se le atribuyen que no puedo creer que el propio P. Scheiner, en el fondo de su alma, no crea en la opinión de Copérnico; y esto me asombra hasta tal punto que no me atrevo a escribir mi parecer.
>
> En cuanto a mí, no busco sino el reposo y la tranquilidad de espíritu, bienes que no pueden poseer quienes tienen alguna animosidad o ambición. Y, entretanto, no me quedo sin hacer nada, pero por ahora sólo pienso en instruirme a mí mismo, y me considero muy poco capaz de servir para instruir a los demás, principalmente a quienes, al haber adquirido ya algún crédito mediante falsas opiniones, tendrían quizá miedo de perderlo si se descubriera la verdad.

La mención que Descartes hacía al jesuita alemán, astrónomo y físico Christopher Scheiner (1575-1650) tenía que ver con las observaciones que Galileo había realizado con su telescopio a partir de 1609, durante las cuales advirtió la existencia de manchas en el Sol, y que presentó públicamente en 1613 en un libro titulado *Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari*.[2] En realidad, esta obra estaba compuesta por tres cartas que Galileo escribió a Mark Welser (1558-1614), un científico aficionado, rico y amigo de los jesuitas al que no le bastó con la publicación de *Sidereus nuncius* (1610) —el libro, recordemos, en el

que Galileo presentó los resultados de sus primeras observaciones (1609-1610) con un telescopio— para convencerse de las tesis copernicanas; sólo se mostró de acuerdo después de que el matemático más destacado del Colegio Romano, Christopher Clavius (1538-1612), le asegurase que las ideas de Galileo eran de fiar. En la segunda de sus cartas a Welser, Galileo explicaba qué había visto:

> Le confirmo resueltamente que las manchas oscuras que por medio del telescopio se descubren en el disco solar no están en modo alguno alejadas de la superficie de éste, sino que son contiguas a él, o están separadas por un intervalo tan pequeño que resulta totalmente imperceptible. Además, no son estrellas u otros cuerpos consistentes de larga duración, sino que continuamente se producen unas y se disuelven otras, siendo, o bien de breve duración, cual es de uno, dos o tres días, o más larga, de diez, quince y, según mi parecer, de treinta, cuarenta o más… En su mayoría son de forma muy irregular, forma que va cambiando continuamente, alguna con rápida y muy variada mutación y otras con variación menor y más lenta. También varían en oscuridad, mostrándose, ora condensadas, ora dilatadas y rarificadas. Además de mudarse en figuras muy diversas, frecuentemente se ve a alguna de ellas dividirse en tres o cuatro y frecuentemente a muchas unirse en una, y esto no tanto cerca de la periferia del disco solar cuanto alrededor del centro.

Pero lo importante de las cartas de Descartes a Mersenne es que muestran que la condena del Santo Oficio a Galileo produjo temor en otros, en Descartes en este caso. Atemorizar es uno de los mecanismos que los poderosos sin escrúpulos han empleado —y desgraciadamente continúan empleando— a lo largo de la historia. En la ciencia también, aunque desde hace tiempo ahí difícilmente sea posible emplear.

4
HENRY OLDENBURG, EL GRAN CORRESPONSAL*

Henry Oldenburg (*c*. 1618-1677) fue un diplomático, filósofo natural y teólogo que nació en Bremen (Alemania). Después de doctorarse en Teología en su ciudad natal en 1639, ejerció varios empleos, entre ellos el de preceptor de hijos de aristócratas (uno lo llevó a Inglaterra, donde residió desde 1640 a 1648). En 1653, mientras Inglaterra y Holanda se enfrentaban en una guerra naval (1652-1654), el Gobierno de Bremen, al que perjudicaba aquella contienda, le envió en una misión diplomática a Inglaterra para que asegurase la neutralidad de su ciudad natal. Decisivo para su futuro, fue contratado para acompañar como tutor a Francis Jones, sobrino del gran filósofo natural Robert Boyle, a un largo viaje de estudios (1657-1660) por el continente europeo. Regresaron a Inglaterra precisamente el año en que se fundó en Londres la Royal Society, a la que Oldenburg pronto se unió como miembro y, en 1662, como secretario —el primero que tuvo la Sociedad (mantuvo el puesto hasta su muerte)—, función en la que le ayudó su conocimiento de varios idiomas. Con Boyle mantuvo una larga relación y trabajó para él traduciendo algunos de sus libros y escritos del inglés al latín.



Henry Oldenburg, atribuido a Jan van Clevce (1668).
© *The Royal Society*

Continuando los procedimientos que había practicado con anterioridad, como secretario de la Sociedad estableció una extensa red epistolar para intercambiar noticias científicas, formada por científicos, filósofos, naturalistas y médicos —también, simplemente aficionados—, entre los que se cuentan personajes como Boyle (para quien Oldenburg realizaba algunos trabajos), Huygens, Hevelius, Leibniz, Leeuwenhoek, Malpighi, Spinoza o Newton. Cuando se le solicitaba, actuaba también como una especie de notario para conservar documentos que,

cuando sus autores considerasen necesario, podían atestiguar prioridades. A través de él, la Royal Society dispuso de la mejor información científica sobre lo que sucedía en ciencia en el continente europeo, y viceversa, el resto de Europa recibía noticias del avance de la ciencia en Inglaterra. A estas tareas se sumó la creación de la revista *Philosophical Transactions*, como una empresa individual, aunque vinculada estrechamente a la Royal Society, y cuyo primer número apareció, como ya señalé, en marzo de 1665. Su correspondencia, en la que trataba también cuestiones de índole política, religiosa y de interés general —editada por E. Rupert Hall y Marie Boas Hall, en trece gruesos volúmenes—, incluye 3.139 cartas. Veamos algunos ejemplos, comenzando por una carta que envió el 13 de diciembre de 1660 a Adam Boreel (1603-1666), un natural de Middelburg (Holanda) que vivió en Ámsterdam a partir de 1645, aunque en algún momento (no se conocen las fechas) estudió en Oxford, y que tenía gran fama por sus conocimientos hebraicos. En esta carta, que permite ver algo del estilo que se utilizaba entonces y está escrita poco después de la fundación de la Royal Society, Oldenburg ofrecía, junto con otros asuntos, algunos detalles de esa creación (en latín en el original):

> Saludos y favor divino.
>
> Muy querido señor:
>
> Como he sabido por algunos amigos suyos de aquí que se ha recuperado felizmente de una severa enfermedad, he pensado que era completamente adecuado testificarle mi profunda alegría por ello, y expresarle con esta carta que rezo constantemente a Dios por su perpetua salud. […]
>
> Todos los que le conocemos ofrecemos plegarias especiales para que sea usted capaz de dar los toques finales a su trabajo. El noble

Boyle le envía a través mío sus saludos, y es de los que se encuentra entre los que desean que usted pueda acelerar con diligencia este trabajo. Mientras que esté usted ocupado con esto, nosotros estaríamos muy contentos de ver, como prometió, la explicación del plan de este trabajo, y de que revelase las dificultades que éste implica. De hecho, si usted piensa que es adecuado el conseguir para nosotros una descripción completa de esa parte del trabajo que ha preparado, el señor Boyle se ofrece amablemente a pagar los gastos de hacerlo enseguida. Recientemente he tenido un trato cercano con la secta que aquí denominamos cuáqueros. Comprendo que sienta usted cierta incomodidad con ellos, especialmente con respecto a ese artículo de la fe concerniente a la persona de Cristo. Nosotros hemos propuesto esta duda, junto con otras dos (relacionadas con las Sagradas Escrituras y la resurrección de los muertos), a algunos de los que son considerados líderes de esta secta; si responden, se lo comunicaré tan pronto como sea posible.

Las cosas que desea saber sobre los familiares y amigos vivos de Cromwell no se pueden enviar de manera segura en una carta. En cuanto al resto, el Doctor Wilkins se queda en la ciudad; le han elegido decano de York y presidente de la nueva Academia Inglesa, fundada muy recientemente para el avance de las ciencias bajo el patronazgo del rey. Está compuesta de hombres extremadamente doctos, extraordinariamente bien versados en matemáticas y en ciencias experimentales; eminentes entre ellos son el vizconde Brouncker, nuestro muy noble Boyle, dos caballeros —Moray y Nale—, Wilkins, Ward y Wallis; y otros once cuyos nombres se me escapan ahora. Dudo mucho que se admitan extranjeros, aunque algunos dicen que sí. Nuestro rey ha constituido también un consejo especial que será responsable del bienestar civil y espiritual de los colonizadores ingleses que fijen su residencia en las Indias Occidentales u Orientales, y que explorará las maneras de poder introducir el Evangelio de Cristo a los extranjeros bárbaros y paganos.

Todavía existe aquí mucha libertad de conciencia, porque hasta ahora no se le ha denegado incluso a los cuáqueros o a los Hombres de la Quinta Monarquía, menos aún a los anabaptistas. No espero nada del futuro; el Señor proveerá. A Su protección y benevolencia le encomiendo a usted y a todos nosotros, con todo mi corazón.

Entre la correspondencia de Oldenburg a veces se encuentran cartas en las que él no era uno de los

corresponsales. Una de estas cartas, particularmente interesante, es la que el matemático John Wallis (1616-1703), uno de los precursores del cálculo infinitesimal, perteneciente al grupo de los fundadores de la Royal Society y catedrático en Oxford, remitió desde Oxford el 5 de abril de 1664 a otro notable científico de aquella época, el astrónomo polaco Johannes Hevelius (1611-1687), y que el propio Wallis adjuntó en una carta que envió a Oldenburg el 6 de abril. En ella, además de comentar otros asuntos, Wallis ofrecía a Hevelius más detalles sobre la fundación de la Royal Society (en latín en el original):

> Famoso señor:
>
> Puedo responder tan pronto a su muy bienvenida carta del 4 de enero desde Dánzig [la actual Gdansk] (que se me ha remitido recientemente por la Real Sociedad de Londres) porque incluso antes de haberla recibido ya había comenzado lo que usted deseaba —es decir, que el catálogo de estrellas fijas, con sus longitudes y latitudes, observado hace unos doscientos años por el Rey Ulug-Beg y sus astrónomos en Samarcanda, debería traducirse del persa al latín— sin dudar de que esto sería de agrado para usted y beneficioso para el público. Lo que no me he atrevido aún a pronosticar es si la totalidad de su *Astronomical Institution* (en donde el catálogo de estrellas fijas es un capítulo) con sus tablas de movimientos debería también ser traducido al latín; sin embargo, no pierdo la esperanza de que pudiese ser publicado algún día. Mientras tanto, en cuanto a lo que recibe usted junto a esta carta, se encuentra el Catálogo de estrellas fijas transcrito con el máximo cuidado (al menos en lo que respecta a los números, que es el rasgo más importante del mismo), cotejando cuidadosamente tres manuscritos persas. Yo mismo he acometido esta tarea de forma que pudiera comparar la copia que yo había transcrito por mi propia mano, a partir de la autografiada por el copista, con los números de los manuscritos persas y corregirlos si era necesario. Mientras tanto, le felicito por sus estudios, con los que (completando sus hasta ahora grandes logros) promete establecer de manera más categórica las posiciones de las estrellas fijas, mediante las nuevas observaciones y vigilias que ya ha comenzado. Y así incansablemente,

embarcándose en la astronomía por el beneficio público, encuentra usted agradable estar de guardia por la noche, y soportar muchos esfuerzos.

En cuanto a la maravillosa estrella en Cetus que aparece y desaparece de vez en cuando (sobre la que usted escribió un Comentario), y que mi compatriota John Palmer [un clérigo y astrónomo, autor de dos pequeños libros sobre instrumentos] ha observado desde 1639, y otros bajo instigación suya, no tengo nada que añadir sobre lo que le hice saber en la carta que le envié el año pasado, excepto que (lo que es también notorio) él me informó que, investigando durante varios años con curiosidad la estrella, nunca pudo verla en el hemisferio occidental aun siendo visible en el hemisferio oriental.

Por último, respecto a la muy ilustre Royal Society de Londres para la mejora del conocimiento natural, de cuyo origen y estudios pregunta, le escribiré algunas líneas: aunque estas materias se tratarán en breve en un libro que se ocupa de estos temas [alusión a la *History of the Royal Society*, de Thomas Sprat, cuya aparición, sin embargo, se retrasó hasta 1667], no me importa satisfacer sus deseos al respecto con cierta extensión. Hace muchos años unos cuantos hombres doctos e ingeniosos, que mantenían relaciones de amistad entre ellos, tenían la costumbre de reunirse con frecuencia, en ocasiones con un propósito definido y a veces también en fechas fijas; su número era indefinido y a veces se reunían en Londres, a veces en Oxford, a veces en cualquier otro sitio que por suerte sucedía. Yo mismo, así como algunos de mis compatriotas cuyos nombres le resultarán menos conocidos, con frecuencia formábamos parte de ello. Este grupo, dado que sus miembros estaban ocupados en estudios y profesiones varias, solían hablar de manera informal sobre sus propios trabajos, experimentos, observaciones, e invenciones, y de las actividades similares de otros en distintos lugares, incluso desarrollaban experimentos juntos. Y cuando hace ya más de tres años, después del muy feliz retorno de Charles II a su hogar de Inglaterra, algunos miembros de la nobleza, que estaban interesados en cuestiones de literatura y empezaban ellos mismos a dedicarse a este tipo de cosas, y que estaban deseosos de avanzar tanto en el estudio como en ser hombres sabios, así como otros profundamente versados en otros temas, no desdeñaron unirse a ese grupo, su número se incrementó entonces; todos se acostumbraron a reunirse en fechas fijas en un determinado lugar de Londres, y discutir juntos cuestiones de ese estilo, sin seguir un método determinado o verse restringidos por rígidas normas, sino con total libertad, de manera

que cada hombre hablaba con la franqueza que quería, de acuerdo con la trayectoria y el tema de debate. Después de que esto hubiese tenido lugar durante un tiempo, al menos dos años o más, nuestro rey se mostró satisfecho de fundar mediante Cédula Real una Sociedad que está promoviendo aún más los mismos objetivos.

La Sociedad no tiene un número fijo de miembros. Además del Consejo (que incluye al presidente y a diversos oficiales, en un total de 21) designado inicialmente por el propio rey en su célula, y renovado anualmente en un día fijo establecido, mediante el voto individual de los *fellows* elegidos entre sus propios pares, que son los que cuidan de los asuntos comunes de la Sociedad, los restantes *fellows* —tanto nacionales como extranjeros que visitan nuestro país— son elegidos cuando parece adecuado, sin tener en cuenta el número. Se requiere al menos el voto de dos tercios de los *fellows* presentes para ser elegido. En la actualidad la Sociedad está compuesta de alrededor de 120 *fellows* [el presidente, el consejo y los *fellows* eran 119]: magnates, nobles, teólogos, médicos, abogados, matemáticos, hombres de negocios, y otros. Los miembros de la Sociedad que pueden hacerlo se reúnen por lo menos una vez a la semana en un sitio fijo un día determinado, y filosofan libremente sobre todo tipo de cuestiones científicas, como física, química, anatomía, matemáticas, astronomía, óptica, mecánica, estadística, navegación, y de otros temas que parezcan ser de utilidad para la investigación de la naturaleza, o beneficiosos para la gente. Cualquiera puede llevar sus propios experimentos y observaciones; y también cualquiera puede contribuir con sus conjeturas, consejo y razonamientos. Y algunos experimentos, que parecen adecuados para demostrar o investigar la verdad, se realizan, bien en presencia de la Sociedad, o (si por la falta de tiempo o de medios la mayoría desea que sea así) se remiten a un comité escogido por todo el cuerpo, que después de examinarlo informa al resto. Y mediante correspondencia con sabios de otros países comunican sus propias opiniones sobre esas cuestiones, y buscan las de los otros. Y éstos son casi todos los puntos, que usted desea que le explique, relativos a nuestra Royal Society; de todos modos yo añado esto: la oficina del presidente la ocupa el Muy Honorable vizconde [William] Brouncker, un hombre sabio e ingenioso en otras materias, pero especialmente brillante en ciencias matemáticas (astronomía, geometría, estadística, navegación, etc.) que tiene una muy elevada opinión de usted y de sus estudios.

El término *fellow*, que denota a los miembros de la Royal Society, procedía de las ideas de Francis Bacon sobre cómo debía proceder la ciencia, no a través de genios trabajando aislados, sino de grupos colaborando, de una *fellowship*.

En otra ocasión, un recuerdo personal publicado por primera vez en 1678, Wallis ofrecía algunos detalles sobre los asuntos que se discutían en las sesiones de la Royal Society:

> Discutíamos sobre la circulación de la sangre, las válvulas venosas, la *venae lacteae* [vena láctea: capilares linfáticos que existen en las vellosidades del intestino delgado], los vasos linfáticos, la hipótesis de Copérnico, la naturaleza de los cometas y las nuevas estrellas, los satélites de Júpiter, la figura oval (por lo que parecía entonces) de Saturno, las manchas solares, las irregularidades de la topografía de la Luna, las diversas fases de Venus y de Mercurio, la mejora de las lentes y la fabricación de vidrios ópticos, el peso del aire, la posibilidad o imposibilidad del vacío, y el *horror vacui*, los experimentos barométricos (realizados con azogue [mercurio]), la caída de los graves y la aceleración; y sobre otros temas diferentes del mismo género.

La lista de *fellows* fundadores de la Royal Society la encabeza William Brouncker, seguido de Robert Boyle; Christopher Wren era el n.º 12, el último de los que se tiene seguridad que participaron en la reunión fundacional del 28 de noviembre de 1660. Oldenburg, el *fellow* n.º 33, fue elegido el 26 de diciembre; Wallis, el *fellow* n.º 57, el 6 de mayo de 1661, y Hevelius, el *fellow* n.º 163, el 30 de marzo de 1664, esto es, muy poco antes de la carta que le envió Wallis. Otros *fellows* ilustres de aquellos primeros años fueron Isaac Barrow, n.º 115, elegido el 17 de septiembre de 1662; Robert Hooke, n.º 136 (3 de junio de 1663); Christian Huygens, n.º 139 (22 de junio de 1663); Samuel

Pepys, n.º 187 (15 de febrero de 1665); John Ray, n.º 239 (7 de noviembre de 1667); John Locke, n.º 269 (26 de noviembre de 1668); John Banks, n.º 272 (10 de diciembre de 1668); Marcelo Malpighi, n.º 277 (4 de marzo de 1669), e Isaac Newton, n.º 290 (11 de enero de 1672). El 5 de abril, fecha de la carta de Wallis a Hevelius, el número de *fellows* de la Royal Society era de 165.

En la siguiente carta que he elegido, fechada en Londres el 7 de septiembre de 1661 y dirigida a uno de los grandes científicos de la época, el holandés Christiaan Huygens (1629-1695), Oldenburg le informaba de un nuevo libro del gran Robert Boyle, *The Sceptical Chymist, or Chymico-Physical Doubts and Paradoxes* (*El químico escéptico, o dudas y paradojas químico-físicas*, 1661), una obra que figura por derecho propio entre los textos clásicos de la historia de la química (en francés en el original):

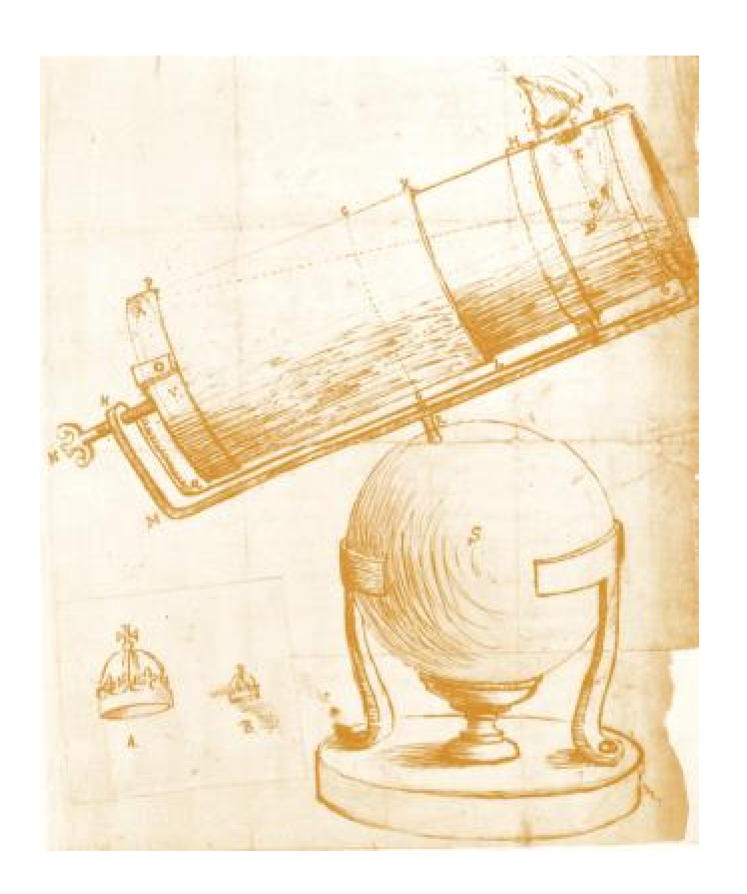
> Señor:
>
> Me siento muy en deuda con usted por la amable oferta que me ha hecho sobre el reglamento del dinero por el Estado General. Estaré encantado de leerlo cuando se haya publicado y usted pueda, de manera conveniente, hacerme llegar un ejemplar mediante algún amigo que pueda pasarse por estos barrios. He seguido sus órdenes de hablar con el señor Murray sobre los libros que menciona en su carta y creo que él mismo le escribirá esta semana. El señor Boyle ha publicado recientemente otro libro, bajo el título de *The Sceptical Chymist*, que se traducirá al latín en cuanto sea posible. Examina en él los Elementos de Aristóteles, y refuta los tres principios Químicos mediante Experimentos de Química. Lo hace en forma de diálogos, muy civilizados, y con decoro, lo que puede enseñar a los combatientes el arte de rebatir una opinión sin herir a las personas. Creo que en este mismo correo recibirá del señor Murray la copia de una carta que el señor [Bernard] Frénicle [de Bessy (1605-1675), un matemático amigo de Fermat] escribió a un miembro de nuestra sociedad Filosófica, referente a algunas observaciones de Saturno que él

mismo había hecho, y que nosotros creemos que le interesarán.

El telescopio reflector de Newton

Un elemento más que añadir a la singularidad y excepcionalidad de Isaac Newton es que, además de contribuir a la matemática y a la física teórica —más adelante me ocuparé de algunos detalles de la escritura de su *opus magnum*, el libro *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*—, fue también un magnífico científico experimental, como demostró en el campo de la óptica. Es bien sabido que fue él quien demostró que la luz está compuesta de una variedad de colores «simples», pero menos se sabe que, aplicando este conocimiento, fue capaz de inventar un nuevo tipo de telescopio; éste, mediante el uso de un espejo, superaba a los hasta entonces existentes (telescopios refractores), como el de Galileo, y eliminaba la aberración cromática propia de las lentes de éstos. En el futuro, los telescopios reflectores serían los que se impondrían para explorar el cosmos.

Las primeras noticias que Newton dio del telescopio que había inventado (y construido) aparecen en una carta que dirigió a un desconocido corresponsal en febrero de 1669. Poco después, cuando a finales de ese mismo año se encontró en Londres con el matemático John Collins, le informó sobre su telescopio y señaló que era capaz de aumentar una imagen 150 veces; así, la noticia llegó a la Royal Society, que recibió un dibujo del instrumento preparado por el propio Newton. Entendiendo su valor, el 2 de febrero de 1672 Oldenburg escribió a Newton (fue la primera carta que le envió):



Dibujo de Oldenburg del telescopio reflector de Newton.
© *Science Source/New York Public Library/Album*

Sir:

Su ingenio es la ocasión para esta comunicación de una mano desconocida para usted. Ha sido usted tan generoso como para informar a los filósofos de aquí de su invención del telescopio *contracting* [se refiere al telescopio reflector]. Habiendo sido considerado y examinado aquí por algunos de los más eminentes en la ciencia óptica y su práctica, y aplaudido por ellos, éstos piensan que es necesario utilizar algunos medios para evitar que este invento sea usurpado por extranjeros. Y, por consiguiente, se ha cuidado de representar mediante un esquema ese primer espécimen, el enviado por usted, y describir todas las partes del instrumento, junto con su efecto, comparado con un ordinario, mucho más grande, *Glasse* [refractor]. Y enviar este dibujo, y su descripción, por el secretario de la R. Soc. (de la que usted ha sido propuesto últimamente candidato por el Ld. Bp. de Sarum [el

> obispo de Salisbury, Seth Ward]), en una solemne carta a París, a Mr. Huygens, para evitar que se lo adjudiquen los extranjeros, ya que acaso éstos lo hayan visto aquí, o incluso con usted en Cambridge; es demasiado frecuente que nuevos inventos y artilugios hayan sido despojados de sus verdaderos autores por fingidos espectadores. Pero no obstante no se ha considerado adecuado enviar esto sin informar primero a usted sobre ello, y enviarle la propia figura y descripción, tal y como fue dibujada aquí, de manera que pueda usted añadir y alterar lo que prefiera; lo que, una vez haya hecho, desearía que hiciera el favor de devolverme con la rapidez conveniente, junto con las modificaciones que estime conveniente realizar.

De hecho, Oldenburg envió a Huygens información preliminar sin esperar el permiso de Newton. Lo hizo en una carta (en francés) fechada un día antes de la anterior. En ella decía:

> Al mismo tiempo le explicaré el invento de un nuevo tipo de telescopio por el señor Isaac Newton, catedrático de Matemáticas en Cambridge. Todo lo que le diré ahora es que, por la primera prueba, que ha sido vista y examinada aquí, parece que un telescopio de unas 6 pulgadas representa objetos nueve veces más grande que un telescopio ordinario de 25 pulgadas, comparando la medida de una y otra imagen. Esto se consigue mediante dos reflexiones, en una de las cuales se refleja el objeto en un metal cóncavo, en la otra, en un espejo metálico plano, de este espejo va a un pequeño cristal ocular plano-convexo, que envía el objeto al ojo, y allí lo representa sin ningún color y con todas sus partes muy bien diferenciadas. Usted tendrá la figura y una descripción completa, en el siguiente envío, si place a Dios.

Fue en el número 81 de las *Philosophical Transactions*, fechado el 25 de marzo de 1672, donde apareció la primera descripción que Newton hizo de su telescopio. El artículo se titulaba «An Accompt of a New Catadioptrical Telescope invented by Mr. Newton, Fellow of the R. Society, and Professor of the

Mathematiques in the Uiversity of Cambridge» (Descripción de un nuevo telescopio catadióptrico inventado por el Sr. Newton, miembro de la Royal Society y catedrático de Matemáticas en la Universidad de Cambridge). Antes, en su artículo sobre óptica más importante, publicado también en las *Philosophical Transactions* (n.º 80, 19 de febrero de 1671/1672) y titulado «A Letter of Mr. Isaac Newton, Professor of the Mathematicks in the University of Cambridge; containing his New Theory about Light and Colors; sent by the Author to the Publisher from Cambridge, Febr. 6 1671/72; in order to be communicated to the Royal Society» (Carta del Sr. Isaac Newton, catedrático de Matemáticas en la Universidad de Cambridge, conteniendo su nueva teoría de la luz y los colores; enviada por el autor al editor desde Cambridge, el 6 de febrero de 1671/1672, para comunicarla a la Royal Society), y después de presentar sus análisis de la dispersión y composición de la luz, Newton explicaba cómo se podían aplicar estos resultados para perfeccionar el telescopio:

> Comprendí entonces que la perfección de los telescopios había sido hasta ahora limitada, no tanto por la falta de lentes correctoras, formadas según las instrucciones de los autores de óptica (tal y como se había supuesto), sino porque la luz misma está hecha de una mezcla heterogénea de rayos que se refractan de manera diversa. Así que, aunque una lente estuviera perfectamente formada para recoger todos los rayos en un solo punto, no podría recoger en el mismo punto todos los que, con la misma incidencia, experimentaran en ese mismo punto una refracción distinta. Más aún, me maravillé de que siendo el índice de refrangibilidad tan grande como lo que hallé, hubieran alcanzado los telescopios su actual grado de perfección. [...] Esto me hizo pensar en las reflexiones y, al encontrarlas regulares, es decir, que el ángulo de reflexión de cualquier tipo de rayo era

> igual al ángulo de incidencia, comprendí que, debido a la reflexión, los instrumentos ópticos podrían alcanzar cualquier grado de perfección imaginable, siempre que tengamos una superficie reflectante que pueda pulirse tan delicadamente como el cristal y que reflejara tanta luz como la que transmite el cristal, así como de disponer del arte para dotarla con una forma parabólica.

Comentarios sobre el telescopio newtoniano aparecen en otras cartas que intercambiaron Oldenburg y Huygens. Citaré un par de ellas en las que se mencionan detalles de la preparación y distribución de los números de las *Philosophical Transactions*, el negocio privado de Olbenburg. Así, el 30 de marzo de 1672, Huygens le agradecía desde París el envío de algunos ejemplares (en francés en el original):

> Señor:
>
> Vuestras dos últimas [cartas] con los ejemplares de las Transactions se me han entregado sin problemas, le agradezco muy humildemente el envío y le ruego que continúe enviándomelos siempre, con el fin de que la colección que a partir de ahora voy a comenzar esté completa. Pues a estos dos que me ha enviado le he pedido al Sr. [Francis] Vernon [un inglés que pasó algún tiempo en París como secretario de la embajada inglesa y que estuvo en contacto con varios científicos europeos] que me remita [los otros para tener] el volumen completo. Me alegró mucho encontrar en los últimos lo que el Sr. Newton escribe sobre el efecto de las lentes y de los espejos en los telescopios, donde he visto que, al igual que yo, observa los defectos de refracción de las lentes-objetivo convexas, ocasionados por la inclinación de las dos superficies. En cuanto a su nueva teoría del color, me parece muy ingeniosa, pero hace falta ver si es compatible con todos los experimentos.

Cambridg March 16th 1671.

Sr

The book wch my Carrier by forgetfulnesse disappointed me of the last week I have now received & thank you for it. With the Telescope wch I made I have sometimes seen remote objects & particularly the Moon very distinct in those parts of it wch were neare the sides of the visible angle. And at other times when it hath been otherwise put together it hath exhibited things not without some confusion. Wch difference I attributed chiefly to some imperfection that might possibly be either in the figures of ye metalls or eye glasse, & once I found it caused by a little tarnishing of the Metall in 4 or 5 days of moist weather.

One of the ffellows of or College is making such another Telescope wth wch last night I looked on Jupiter & he seemed as distinct & sharply defined as I have seen him in other Telescopes. When he hath finished it I will examin more strictly & send you an account of its performances, ffor it seems to be something better then that wch I made.

Yor humble servant

I. Newton

Carta de Newton a Oldenburg, 16 de marzo de 1671.

Y el 8 de abril, Oldenburg le respondía desde Londres (en francés en el original):

Señor:

Aquí está el número 81 de las Transactions, en donde encontrará casi todo lo que [Newton] ha escrito referente a su telescopio: digo *casi todo*, visto que desde que envié la copia de esta obra impresa a la imprenta, he recibido alguna cosa más, no

sólo en lo que respecta a las aperturas y los diámetros de los oculares para cada tipo de longitud, sino también sobre los cambios que se podrían hacer en el espejo plano y en el oval con diferente forma y material: de esto quizá se informe usted en las Transactions que se imprimirán este mes de abril.

Cuando haya considerado su teoría de los colores, le agradecería mucho que nos comunicase sus ideas al respecto. No dejaré de hacer que algunos de nuestros filósofos y matemáticos vean lo nuevo que usted ha pensado sobre el problema de Alhazen. Si usted no me lo prohíbe, yo me tomaría la libertad de introducir en mis Transactions la primera construcción, que hace tiempo nos envió, con el compendio que ha encontrado posteriormente, y la otra, la que usted llama la buena, porque contiene todos los casos imaginables. En mi próxima [carta] le contaré todas las noticias sobre el tratado de Kinkhuysen. Por ahora no tengo nada más que añadir, salvo que estará usted deseando examinar el discurso en latín del señor Wallis, referente a su doble método de las tangentes, incluido en las Transactions; y que yo quedo, señor,

Vuestro muy humilde y muy obediente servidor,

OLDENBURG

Oldenburg y Spinoza

Entre los muchos corresponsales de Oldenburg se encontraba el filósofo neerlandés (nació en Ámsterdam y murió en La Haya) de origen sefardí hispano-portugués Baruch Spinoza (1632-1677), quien, aunque no fue un científico, poseía no escasos conocimientos de ciencia; de hecho, cuando fue expulsado de la comunidad judía de Ámsterdam y, más tarde, del negocio familiar de importación y exportación, se dedicó, como medio de ganarse la vida, a pulir lentes para instrumentos ópticos. Le dedicó una sección de este libro no sólo por las noticias que incluye, que son muchas (las cartas que intercambió con Oldenburg, y en especial las de éste, sirven para adentrarse en algunos de los problemas, novedades científicas y cuestiones propias de aquella

época), sino también porque fue, junto a Descartes y Leibniz (como se verá en otro capítulo), uno de los dos principales defensores del denominado «racionalismo» del siglo XVII, esto es, la creencia de que la razón, y no el conocimiento empírico, el experimento, es el medio principal para conocer las leyes que subyacen en la naturaleza. Según Spinoza y Leibniz, el conocimiento empírico se puede deducir *a priori* de primeros principios. Por eso se esforzó en seguir el modelo de los *Elementos* de Euclides. En palabras de Benjamin Wardhaugh, en su libro *Las infinitas vidas de Euclides* (2022, edición original en inglés de 2021):

> Spinoza se vincula directamente con todos aquéllos de su época y de épocas anteriores que creían que la geometría tenía una relación especial con la verdad y, por ende, asignaban un estatus especial al método geométrico. [...] el axioma no explícito que Spinoza asumía en todas partes: que el conocimiento, el conocimiento verdadero, funciona como la deducción geométrica, está estructurado como una red de relaciones lógicas y se forma mediante una sucesión lógica de consecuencias a partir de suposiciones, de manera que «el orden y la conexión de las ideas es lo mismo que el orden y la conexión de las cosas».

Spinoza aplicó este procedimiento en su libro más importante y famoso, la *Ética*, en el que a partir de unas pocas premisas (Definiciones y Axiomas) se deducía todo (Proposiciones) mediante razonamientos lógicos. La de Spinoza era, por consiguiente, una aproximación alternativa a la ciencia al estilo que Galileo había practicado y defendido.

La primera carta que he seleccionado es una de Oldenburg a Spinoza, fechada el 16 de agosto de 1661 (en latín en el original, al igual que las restantes cartas):

Muy ilustre señor y estimado amigo:

Cuando recientemente estuve con usted en su retiro de Rijnsburg [pueblo cercano a Leiden], me resultaba tan penoso separarme de su lado, que tan pronto estuve de vuelta en Inglaterra, hago cuanto me es posible por unirme de nuevo a usted, al menos mediante la comunicación epistolar. La ciencia de las cosas permanentes, unida a la modestia y a la elegancia de las costumbres (cualidades todas ellas con las que la naturaleza y su propio esfuerzo le han adornado tan amplísimamente) poseen por sí mismas tal poder de seducción que arrastran a amarlas a todos los hombres sencillos y de educación liberal. ¡Ea!, pues, plecarísimo señor, estrechemos las manos con una amistad no fingida y cultivémosla esmeradamente con toda clase de estudios y buenos oficios. Cuanto pueda surgir de mi corto ingenio, considérelo como suyo. Y permítame, a su vez, que pueda reclamar para mí una parte de las dotes intelectuales que usted posee, siempre que ello no redunde en perjuicio suyo.

En Rijnsburg habíamos conversado sobre Dios, la extensión y el pensamiento infinito, sobre la diferencia y acuerdo de estos atributos, sobre la naturaleza de la unión del alma (*animae*) humana con el cuerpo, y, en fin, sobre los principios de la filosofía de Descartes y de Bacon. Pero como entonces sólo hablamos de temas tan importantes como de paso y aprisa, y además todos ellos siguen torturando desde entonces mi espíritu, en virtud de la amistad entre nosotros iniciada, me decido ahora a tratarlos con usted y a rogarle con toda amabilidad que me exponga con más amplitud sus ideas acerca de los puntos citados.

Ante todo, no se resista a instruirme sobre estos dos temas: primero, en qué pone usted la verdadera diferencia entre la extensión y el pensamiento; segundo, qué defectos observa usted en la filosofía de Descartes y de Bacon y de qué manera piensa poder eliminarlos y sustituirlos por algo más sólido. Cuanto más liberalmente me escriba usted sobre estas cuestiones y otras similares, más estrechamente me ligaré a usted y me forzaré a prestarle, en cuanto pueda, análogos servicios.

Ya están en la imprenta *Exercitationis quaedam Physiologicae* [*Ciertos ensayos fisiológicos*] escritos por un noble inglés, hombre de extraordinaria erudición. Tratan de la naturaleza del aire y de su propiedad elástica, comprobada con cuarenta y tres experimentos, así como de los fluidos y sólidos, y de cosas similares. Tan pronto salga a la luz, procuraré que le entreguen esta obra por medio de un amigo que quizá atraviese el mar.

Mientras tanto, que goce usted de larga salud y acuérdese de su

amigo, que es con todo afecto y devoción suyo,

HENRY OLDENBURG

El «noble inglés, hombre de extraordinaria erudición» al que se refería Oldenburg era su patrón Robert Boyle, y la obra en cuestión, *Certain Physiological Essays*, que apareció aquel mismo año. Ahora bien, como Spinoza no sabía inglés tendría que esperar hasta la aparición de la versión latina preparada por el propio Oldenburg: *Tentamina quaedam physiologica cum historia fluiditatis et firmitatis ex anglico sermone translata* (Londres, 1665; Ámsterdam, 1667).

Spinoza contestó en septiembre; no tardó, pues, mucho en recibir la anterior carta (Oldenburg prefería recurrir a conocidos que viajasen desde Londres a los lugares de residencia de sus corresponsales). En los pasajes que he seleccionado se comprueba lo que señalé antes: la preferencia que Spinoza daba al razonamiento independiente de la observación-experimento. Asimismo, se constatan los esfuerzos que hacía para definir a «Dios», algo en lo que no estuvo solo; Isaac Newton, por ejemplo, mostró un interés y un enfoque parecidos, como se comprueba en el «Escolio general» que añadió a la segunda edición de su gran libro de 1687, los *Principia*, y que cito en el capítulo 8. Así, y tras las cortesías iniciales, expresando además «que no es poco orgullo atreverme a iniciar esta amistad», Spinoza comenzaba refiriéndose «brevemente a Dios», al que definía «como un ser que consta de infinitos atributos, cada uno de los cuales es infinito o sumamente perfecto en su género». Y continuaba:

Hay que señalar que entiendo por atributo todo aquello que se concibe por sí y en sí, de suerte que su concepto no implica el concepto de otra cosa. Así, por ejemplo, la extensión se concibe en sí y por sí; el movimiento, en cambio, no, puesto que se concibe en otro y su concepto incluye la extensión. Que ésta sea la verdadera definición de Dios, consta por el hecho de que entendemos por Dios un ser sumamente perfecto y absolutamente infinito. Que tal ser exista, se demuestra fácilmente a partir de esta definición; pero, como no es éste el momento, prescindiré de la demostración.

Lo que sí debo demostrar, a fin de contestar a la primera pregunta que me formula su señoría, son los puntos siguientes. Primero, que en la naturaleza no pueden existir dos sustancias, a menos que difieran en toda su esencia. Segundo, que la sustancia no puede ser producida, sino que pertenece a su misma esencia el existir. Tercero, que toda sustancia debe ser infinita o sumamente perfecta en su género. Una vez demostrados estos tres puntos, su ilustrísima podrá ver con facilidad a dónde tiendo, con tal de que preste atención simultáneamente a la definición de Dios. Así que no es necesario que exponga más claramente esto.

Y continuaba de forma parecida.

La siguiente carta que he escogido es otra de Oldenburg a Spinoza de julio de 1662, en la que respondía a los comentarios que éste había hecho al libro de Boyle en una extensa carta escrita entre abril y mayo. En ella, por cierto, Spinoza se refería a experimentos que él mismo había realizado para comprobar o refutar lo que decía Boyle, hecho que sirve para matizar su señalado «racionalismo» o, cuando menos, sus conocimientos físicos:

Hace ya bastantes semanas, muy ilustre señor, que recibí su gratísima carta, con sus atinadas observaciones al libro de Boyle. El mismo autor, junto conmigo, le agradece muchísimo las reflexiones que le ha comunicado; y se lo hubiera notificado mucho antes, de no haber abrigado la esperanza de verse muy pronto liberado del cúmulo de obligaciones que pesan sobre él, y poder así remitirle, en el mismo acto, su respuesta junto a su agradecimiento. Pero la verdad es que se ha visto de momento

frustrado en su esperanza, ya que le absorben tanto tiempo los asuntos públicos y privados que tiene que limitarse por ahora a expresarle su gratitud, viéndose forzado a dejar para otra ocasión su opinión acerca de sus anotaciones.

Se añade a esto que dos adversarios [Thomas Hobbes y Francis Linus (1595-1675), un jesuita y profesor de matemáticas y de hebreo en Lieja, que más tarde escribió contra los artículos de Newton sobre óptica] le han atacado en escritos impresos, y se siente obligado a responderles a ellos antes. Esos escritos no se dirigen contra su tratado sobre el nitro, sino contra otro librito suyo, que contiene experimentos neumáticos, que prueban la elasticidad del aire [*New Experiments Physico-Mechanical touching the Spring of the Air and its Effects, made in the most Part in a new Pneumatical Engine*, 1660]. Mientras tanto, le ruego que no interprete en mal sentido esta tardanza.

El Colegio de Filósofos, al que le había hecho alusión personalmente, se ha convertido, con el favor de nuestro rey, en Sociedad Real [la Royal Society], y ha sido respaldado con un documento público, por el que se le confieren notables privilegios, y hay fundadas esperanzas de que será dotado de los recursos necesarios [la primera carta de la Royal Society, de 15 de julio de 1662, llevó un *Great Seal*].

Soy completamente de la opinión de que no prive a los estudiosos de las obras que usted sabiamente ha elaborado, con la agudeza que le caracteriza, sobre temas filosóficos o teológicos, sino que permita que salgan a la luz, por más que los teologastros puedan gruñir. Su República es sumamente libre y hay que filosofar en ella con plena libertad; por lo demás, su propia prudencia le sugerirá que exprese sus ideas con la mayor moderación posible; después, deje el resultado al destino. Deseche, pues, honorabilísimo señor, todo temor a irritar a los hombrecillos de nuestro tiempo. Bastante tiempo se ha sacrificado a la ignorancia y a la necedad. Despleguemos las velas de la verdadera ciencia y escrutemos los secretos de la naturaleza con más profundidad de lo que se ha hecho hasta ahora. […]

No cejaré, estimado amigo, hasta que le convenza con mis ruegos y, cuando de mí dependa, nunca permitiré que sus pensamientos, que son tan valiosos, estén condenados a eterno silencio. Le ruego encarecidamente que no se retrase en comunicarme, tan pronto como le sea posible, la decisión que usted tome al respecto.

Quizá se produzcan aquí hechos dignos de ser conocidos por usted. Pues la susodicha Sociedad se entregará ahora con entusiasmo a su proyecto y, tal vez, mientras perdure la paz en

estas costas, brindará un alto honor a la República de las Letras. Que siga usted bien, eximio señor, y créame de usted devotísimo e íntimo amigo,

HENRY OLDENBURG

Las menciones de Boyle, por parte de Oldenburg, en sus cartas a Spinoza son muy frecuentes, algo comprensible teniendo en cuenta que, como apunté, el secretario de la Royal Society dependía de aquél para mantenerse económicamente. Pero, en cualquier caso, tales referencias son valiosas al ser Robert Boyle un protagonista destacado de la Revolución Científica. Veamos algunos ejemplos más. El 31 de julio de 1663, Oldenburg escribía a Spinoza:

> El nobilísimo señor Boyle se ha ido de viaje; tan pronto regrese a la ciudad, le entregaré esa parte de su eruditísima carta que le concierne, y cuando tenga en mi poder su opinión sobre sus ideas, se la remitiré a usted. Supongo que usted ya ha visto su *The Sceptical Chymist* que, publicado hace tiempo en latín [*Chimista scepticus*, Londres, 1663; también se publicó otra versión en Róterdam], se ha difundido en el extranjero; contiene muchas paradojas químico-físicas y somete a un severo análisis los principios hipostáticos (así los llaman) de los espagíricos.[3]

Y añadía:

> Recientemente ha publicado otro librito, que quizá no haya llegado todavía a sus libreros, por lo cual se lo incluyo en este paquete y le ruego encarecidamente que reciba con benevolencia este regalillo. Como usted verá, contiene la defensa de la fuerza elástica del aire contra un tal Francis Linus, que se esfuerza en explicar los fenómenos descritos en *New Experiments Physicomechanical* del señor Boyle mediante un lazo que escapa al entendimiento, igual que a todo sentido. Hojee y examine el libro, y deme después en síntesis su opinión de él.

Casi dos años después, el 28 de abril de 1665, en otra carta a su corresponsal holandés, Oldenburg escribía:

> No hay razón para que se imprima en ese país la disertación de Boyle sobre el nitro, la solidez y la fluidez, puesto que ya ha sido editada aquí en latín, y sólo falta un medio cómodo de enviársela. Le ruego, pues, que no permita que ninguno de sus impresores emprenda esa tarea. El mismo Boyle ha publicado, en latín y en inglés, un tratado notable sobre los colores [*Experiments and Considerations Touching Colours*, 1664], así como una serie de experimentos sobre el frío, los termómetros, *etc.* [*New Experiments and Observations upon Cold*, 1665], donde se contienen muchas cosas importantes y nuevas. Sólo esta guerra infausta [la segunda guerra anglo-holandesa, marzo de 1665-julio de 1667] impide que se le envíen a usted estos libros.

Particularmente interesante es otro anuncio que Oldenburg hacía en esta carta:

> También ha salido un excelente tratado con sesenta observaciones microscópicas, en el que se discuten muchas cosas audaces, pero desde el punto de vista filosófico (conforme a los principios mecánicos). Espero que nuestros libreros hallarán el medio de enviarle ejemplares de todas estas obras.

El tratado al que se refería Oldenburg es el libro —un clásico de la historia de la ciencia— de Robert Hooke *Micrographia: or some Physiological Descriptions of Minute Bodies made by Magnifying Glasses with Observations and Inquiries thereupon* (*Micrografía, o algunas descripciones fisiológicas de los cuerpos diminutos realizadas mediante cristales de aumento con observaciones y disquisiciones sobre ellas*, 1665). Se trata del primer libro dedicado completamente a las observaciones microscópicas, y como tal contribuyó

de manera significativa a revelar otro mundo, el de los objetos pequeños no observables a simple vista. En el prefacio, Hooke escribía:

> Mediante los telescopios, nada hay tan distante que no pueda traerse ante nuestra vista, mientras que, merced a los microscopios, nada hay tan pequeño que escape a nuestro examen, con lo que todo un nuevo mundo visible se revela al entendimiento. Por estos medios, los cielos se abren, apareciendo en ellos un vasto número de nuevos astros, nuevos movimientos y nuevas producciones a las que eran completamente ajenos todos los astrónomos antiguos. Mediante ellos, la propia tierra que se extiende tan próxima a nosotros, bajo nuestros pies, nos muestra algo completamente nuevo, y en cada diminuta partícula de su materia contemplamos ahora una diversidad de criaturas tan grande como la que antes podíamos captar en la totalidad del universo mismo.

Los siguientes pasajes de otra de sus cartas a Spinoza, ésta de septiembre de 1665, dan idea de la red de comunicaciones e informaciones que Oldenburg pretendía establecer:

> Mientras escribo ésta, me entregan una carta que me ha escrito el insigne astrónomo de Dánzig, el señor Johannes Hevelius [esta carta lleva fecha del 2 de septiembre], en la cual me informa, entre otras cosas, de que su *Cometographia* [1668], que consta de doce libros, ya lleva un año en la imprenta y que ya están impresas 400 páginas, o sea los nueve primeros libros. Me indica, además, que me ha enviado algunos ejemplares de su *Prodomus Cometicus* [1665], en el que ha descrito ampliamente al primero de los dos cometas recientes; pero aún no han llegado a mis manos. Se propone, además, publicar un libro sobre el segundo cometa y someterlo al juicio de los doctos [este libro sería *Descriptio cometae Anno AErae Christ. MDCLXV Exorti*, 1666].

Aprovechaba también Oldenburg para indagar si Spinoza sabía algo de su célebre compatriota,

Christiaan Huygens:

> Me gustaría saber qué opinan ahí sobre los péndulos de Huygens, especialmente de aquellos que, según se dice, dan una medida tan exacta del tiempo que podrían servir para medir, en el mayor, las longitudes. ¿Qué sucede, también, con su *Dioptrics* y con su tratado sobre él, pues esperamos ambos desde hace tiempo? Estoy seguro de que él no está ocioso, pero me gustaría saber qué proyectos tiene.

Dioptrics estaba parcialmente terminada en 1653, pero sólo se publicó en 1703, como parte de *Opuscula Posthuma*. Y el tratado sobre el movimiento al que se refería, *De Motu Corporum ex Percussione*, era conocido ya a finales de la década de 1660 (Huygens lo escribió antes de 1665), pero se publicó por primera vez en 1703. *De Motu* surgió como una reevaluación de la teoría de colisiones de Descartes, en la que se sostenía que un cuerpo pequeño en movimiento que chocase con uno mayor en reposo no haría que éste se moviese, sólo que aquél rebotase. Claramente, se trataba de una afirmación errónea, como podía haber comprobado con dos bolas, pero a Descartes la experimentación no le importaba mucho. Mientras estudiaba las colisiones, Huygens llegó a formular prácticamente la ley de conservación de la energía cinética (digo «prácticamente» porque definía la energía cinética como el producto de la masa por el cuadrado de la velocidad, lo que significa que le faltaba el término ½).

El 8 de diciembre, también de 1665, Oldenburg volvía a la carga y solicitó a Spinoza noticias de Huygens, lo que nos da idea de la importancia que se daba a éste en Inglaterra:

> Ojalá quisiera usted tomarse el trabajo de informarme en qué punto cree que se equivocaron tanto Descartes como Huygens acerca de las reglas del movimiento. Si me hace este favor, se lo agradeceré mucho y procuraré corresponderle lo mejor pueda.
>
> No estuve presente cuando el señor Huygens realizó, aquí en Londres, los experimentos que confirman su hipótesis. Pero he oído, entre otros, éste: que alguien suspendió una bola de una libra, a modo de un péndulo, la cual, abandonada a su peso, vino a chocar con otra suspendida de la misma forma, pero de media libra, desde un ángulo de cuarenta grados. Huygens predijo, con un pequeño cálculo algebraico, cuál sería el efecto, y ése respondió al milímetro a su predicción. Un señor ilustre, que había propuesto muchos experimentos de este tipo, resueltos, según se dice, por Huygens, está ahora ausente. Tan pronto me encuentre con él, espero exponerle el asunto con más amplitud y detalle.
>
> Mientras tanto, le ruego una y otra vez que no rechace mi anterior petición. Y si, además, sabe algo sobre el éxito de Huygens en el pulimento de lentes telescópicas, sírvase comunicármelo. Como, gracias a Dios, la peste ha amainado notablemente, espero que nuestra Royal Society regrese en breve a Londres y que renueve sus reuniones semanales; cuanto allí se trate digno de nota, tenga la seguridad de que se lo comunicaré.

Huygens, miembro de una familia distinguida —su padre, Constantijn (1596-1687), desarrolló una exitosa carrera diplomática, que le llevó a varios destinos, entre ellos Londres, a donde viajó en varias ocasiones entre 1621 y 1624; y también estuvieron allí sus hermanos Constantijn y Lodewijck—, había visitado Londres: llegó a Dover el 30 de marzo de 1661 y, además de en Londres, estuvo en Windsor y Oxford. Por entonces ya era conocido en la capital inglesa; así, el 11 de abril, John Evelyn, recordado especialmente por sus diarios, anotó en uno de éstos: «Cené con ese gran matemático y virtuoso, Monsieur Zulichem [esto es, Huygens], inventor del reloj de péndulo y descubridor del fenómeno del anillo de

Saturno». Asistió entonces a varias sesiones de la joven Royal Society en Gresham College; en una de ellas, Robert Hooke había realizado una demostración con una bomba de aire que Robert Boyle había construido en 1660 y que inspiró a Huygens para fabricar otra. Conoció, asimismo, a varios de los miembros fundadores de la Royal Society, entre ellos John Wallis y Christopher Wren, y se reunió varias veces con Oldenburg. Antes de viajar a Inglaterra, Huygens había estado un par de meses en París, ciudad que consideraba muy superior a Londres, como revela la carta que escribió a su hermano Lodewijck el 9 de junio de 1661:[4]

> Te escribo para que sepas que estoy de vuelta en La Haya desde hace doce días y espero que nos veamos pronto. No he recibido más que una carta tuya mientras que estuve en Inglaterra, a la que respondí, diciéndote que yo no encontré mi estancia en Londres tan encantadora como parece que te pareció a ti, ya que siempre estabas diciendo las ganas que tienes de volver. Preveo que tendremos una gran disputa sobre esto, porque yo mantendré siempre que el hedor del humo es insoportable, y muy malsano, la ciudad mal construida, las calles estrechas y mal pavimentadas, con sólo pobres edificios, y finalmente esa plaza y el jardín comunal [¿el Covent Garden?] no es mucho y nada comparable a lo que se ve en París. El pueblo es melancólico, las gentes de alguna condición civil poco sociables, las mujeres de muy mediocre conversación y en absoluto ni tan ilustradas y animadas como las de Francia; pero tal vez era todo diferente cuando estuviste allí, parece que después del restablecimiento de la corte, se volverá a ver algún tipo de cortesía. Puedo decir, sin embargo, que me he relacionado con las personas más honestas, la mayor parte de las cuales han viajado a Francia y a otros lugares, que me han tratado, regalado y apoyado muy noblemente. Con aquellos que no conocen más que la lengua del país, yo la he hablado bastante bien y me he hecho entender razonablemente.



Louis XIV en la Académie Royale des Sciences en, Sébastien Leclerc (1671).

En agosto de 1661, ya de vuelta en Holanda como hemos visto, Huygens recibió la visita de Oldenburg, que, procedente de su Bremen natal, pasaba por La

Haya camino de Londres. El germano-inglés aprovechó la ocasión para inspeccionar el telescopio que había construido Huygens y también para revisar los planes de éste para preparar una bomba de aire como la que le había visto a Boyle en Londres. Sin duda congeniaron, pues tenían varios puntos en común, entre ellos el dominio de varios idiomas.

En 1663, Huygens volvió a Londres y visitó de nuevo la Royal Society. Fue entonces cuando se convirtió en *fellow* de la Sociedad. Pero París era el lugar que él realmente apreciaba, y así, en 1666, aceptó una invitación de Jean-Baptiste Colbert, uno de los ministros más influyentes del rey Luis XIV y responsable de la creación de la Académie Royale des Sciences, para convertirse en miembro asalariado (recibía 6.000 libras anuales) de la nueva Académie parisina, invitación que aceptó. Salvo algunos períodos en los que regresó a Holanda por motivos de salud, permaneció en París hasta 1681. En 1689 viajó de nuevo a Londres, donde renovó su amistad con Boyle y conoció a nuevos miembros de la Royal Society, Isaac Newton entre ellos.

5
ANTONY VAN LEEUWENHOEK, EL MAESTRO DE LA MICROSCOPÍA*

No se sabe realmente dónde o quién inventó el microscopio, esto es, lentes para observar objetos difíciles o imposibles de ver a simple vista, aunque sí cuándo. Fue casi con seguridad en la segunda década del siglo XVII: Constantijn Huygens, el padre de Christiaan Huygens, afirmó que había visto un instrumento de este tipo en una visita que realizó a Londres en 1621, y la representación gráfica más antigua que se conoce de un microscopio es un dibujo de 1631 del filósofo y científico neerlandés Isaac Beeckman (1588-1637). El nombre *microscopium* fue acuñado en 1625 por miembros de la Accademia dei Lincei. Se inspiraba en los mismos principios que los del telescopio, la ampliación de la imagen, aunque ahora se trataba de observar las cosas más pequeñas; además, en este caso, la combinación de lentes requería también de una fuente luminosa dirigida sobre el objeto que había que observar.

No sorprende que el primer científico conocido que realizó observaciones biológicas con un microscopio fuera Galileo, quien vio algunos insectos con lo que denominó *occhialino* ('pequeño anteojo'). Pero Galileo apenas continuó por esta senda, algo que sí hizo Marcello Malpighi (1628-1694), catedrático de la Universidad de Bolonia, considerado como el fundador de la investigación textural con el microscopio. Entre sus aportaciones (utilizando la luz del sol para iluminar la muestra) sobresale la que llevó a cabo al observar un fino corte del tejido pulmonar de una rana y encontrar que había sangre en el interior de unos finos tubos (presentó este

resultado en un libro que publicó en 1661, *De pulmonis*); había descubierto los capilares y comprobado la exactitud de la hipótesis de William Harvey de la existencia de una comunicación entre el sistema arterial y el venoso, y completado el diseño del circuito sanguíneo. Describió con detalle la preparación de las muestras para su observación: las inyecciones de mercurio y de cera, los métodos para teñir con tinta y otros líquidos y los medios de iluminarlas. Fue el primer observador sistemático de la naturaleza y el pionero en el estudio de los tejidos. Entre sus logros figuran el descubrimiento de la red de capilares y el estudio del desarrollo de los pollos desde el huevo, e introdujo la anatomía comparada.



Antony van Leeuwenhoek.
© *Album*

Un nombre particularmente distinguido en la difusión del uso del microscopio es el de Robert Hooke (1635-1703), el polémico y polifacético filósofo natural que ocupó la secretaría de la Royal Society entre 1677 y 1682 y que publicó en 1665 un libro que se convirtió en un clásico de la microscopía: el ya citado *Micrographia* (*Micrografía*), significativamente subtitulado *O algunas descripciones fisiológicas de los cuerpos diminutos realizadas mediante cristales de*

aumento con observaciones y disquisiciones sobre ellas. Aunque sus elaboradas imágenes (cada una acompañada de comentarios) no respondían a un programa específico, sabía muy bien que estaba penetrando en un territorio inexplorado que guardaba todo tipo de sorpresas. En el prefacio manifestaba lo siguiente:

> No parece improbable que mediante la ayuda de estos medios llegue a descubrirse más plenamente la sutil composición de los cuerpos, la estructura de sus partes, las varias texturas de su materia, los instrumentos y modos de sus movimientos internos y todas las demás posibles constituciones de las cosas, todo lo cual los antiguos Peripatéticos se conformaban con abordar mediante dos palabras generales e inútiles (si no se explican más), como son *materia* y *forma*.

En la *Micrografía* aparecen estudios micrográficos muy variados; por ejemplo, la punta de una «agujita aguda», el filo de una navaja, el «tafetán o seda en relieve», «figuras de seis brazos formadas en la superficie de la orina por congelación», el moho azul, el musgo, el aguijón de una abeja, las plumas del pavo real, las patas, alas y ojos de moscas, tarántulas, hormigas o pulgas (que incluía la más celebrada de sus ilustraciones), la «estructura o textura del corcho y de las celdas y poros de algunos otros cuerpos esponjosos semejantes». Fiel a la idea de que era necesario descubrir observando, más que pensando o imaginando, Hooke señalaba que «hasta que nuestro microscopio o algún otro medio nos permita descubrir la verdadera estructura y textura de todos los tipos de cuerpos, hemos de andar a tientas en la oscuridad, conjeturando tan sólo las verdaderas razones de las cosas mediante símiles y comparaciones». Al decir esto, estaba anunciando un programa que conduciría, en el siglo XIX, cuando se dispuso de mejores microscopios, a la identificación definitiva de la

estructura celular en los seres vivos (animales o vegetales). De hecho, Hooke utilizó un microscopio más avanzado que el inicial (o simple): el denominado *compuesto*. El primero estaba formado por una lente convergente de foco corto, con la cual se observaban objetos situados entre la lente y su foco principal, mientras que el segundo estaba compuesto por dos vidrios lenticulares convergentes y fijos en un mismo tubo de manera que coincidiesen sus ejes: uno de foco corto, llamado «objetivo», porque daba frente al objeto, y el otro, menos convergente, denominado «ocular», porque se encontraba cerca del ojo del observador.

Junto a Hooke, e independientemente de él, el otro gran protagonista de los primeros momentos de la historia del microscopio fue un holandés, Antony van Leeuwenhoek (1632-1723). Comerciante de profesión, natural de Delft, donde residió toda su vida salvo seis años que pasó en Ámsterdam, y sin apenas educación científica, Leeuwenhoek se dedicó a construir microscopios durante cerca de medio siglo; se estima que salieron de sus manos alrededor de quinientos. Dotados de una sola lente y de gran sencillez, producían hasta trescientos aumentos, mucho más que los de Hooke.

En las *Philosophical Transactions* de 1668 se había publicado un extracto del *Giornale dei Letterati* que contenía un informe sobre un nuevo microscopio fabricado por el italiano Eustachio Divini (1610-1685). Se afirmaba que con este instrumento había sido capaz de descubrir «un animal más pequeño que cualquier otro visto hasta ahora». Sin duda como respuesta a esta tajante afirmación, y también respondiendo a un evidente patriotismo, un

conocido médico holandés, Reinier de Graaf (1641-1673), corresponsal de Oldenburg y amigo y vecino de Leeuwenhoek, se dirigió (en latín) a Oldenburg el 28 de abril de 1673 en los siguientes términos:

> Esto puede ser lo que más le ponga a usted de manifiesto que las humanidades y la ciencia no se han desterrado todavía de entre nosotros por el fragor de las armas; le escribo para decirle que aquí una persona ciertamente de lo más ingeniosa, llamada Leewenhoeck, ha ideado microscopios que superan con mucho los hasta ahora fabricados por Eustachio Divini y otros. La carta suya que le adjunto, en donde describe determinadas cosas que ha observado con más precisión que otros autores previos a él, le proporcionarán una muestra de su trabajo. Y si esto le gusta, y quisiera probar la habilidad de este hombre tan diligente, e infundirle ánimos, entonces le suplica le envíe una carta en lengua vernácula sobre estos [asuntos] con sus sugerencias, y proponiéndole problemas más difíciles del mismo tipo.

El 15 de mayo, Oldenburg respondía (en latín) a De Graaf:

> Además, ha hecho usted algo que fue extremadamente bien recibido por nosotros, al haber decidido informarnos de las reflexiones de su compatriota Leeuwenhoek concernientes a los microscopios y los resultados que ha obtenido con su ayuda. Leí [a la Sociedad] una traducción de sus observaciones, realizada al inglés desde el idioma holandés, y aprecié que nuestra gente aprobó la diligencia y la extraordinaria precisión de ese hombre, y que estaban muy ansiosos de poder examinar dibujos del triple aguijón observado en la abeja y de las extremidades advertidas en el mismo insecto. Más aún, desearíamos que bajo su dirección él mirara más atentamente a través del nuevo microscopio la cicatrícula [manchita blanca que se observa en la yema del huevo de las aves] y la chalaza [ligamento torcido en espiral que sostiene la yema del huevo en medio de la clara] de un huevo fertilizado pero incubado, igual que [Marcello] Malpighi y [William] Croone la examinaron, descubriendo en ella los primeros signos del polluelo embrionario. Muchas otras cosas se les ocurrirán a ambos (sin necesidad de consejo) como merecedores de observación, referentes a la estructura de las plantas, insectos y demás, especialmente asuntos relativos a los poros y formas de varios cuerpos de los que parece dependen la explicación de un gran número de fenómenos de gran

importancia para la ciencia física.

El trabajo —la «carta»— de Leeuwenhoek que De Graaf envió consistía en diversas observaciones, bastante toscas, sobre el moho, sobre el aguijón y parte de la boca y los ojos de las abejas, y sobre los piojos. Fue publicada en inglés en las *Philosophical Transactions* (n.º 94, 19 de mayo de 1673, pp. 6037-6038) con algunos comentarios de Oldenburg, quien terminaba haciendo notar: «Hasta aquí este observador: quien sin duda continuará haciendo y comunicando más Observaciones, para mejor mostrar la bondad de esas sus lentes», una profecía que se cumpliría con creces, pues Leeuwenhoek publicaría numerosos artículos en las *Philosophical Transactions* durante los siguientes cincuenta años (hasta su muerte, a la edad de noventa y uno).

Los miembros de la Royal Society, interesados por las observaciones del desconocido holandés, dieron instrucciones a Oldenburg para que se comunicara con él. A la carta que éste envió el 15 de agosto, Leeuwenhoek respondió (en neerlandés) lo siguiente:

> A menudo se me ha suplicado por diversos caballeros que ponga por escrito lo que he contemplado mediante mi nueva inventada *Microscopia*: pero generalmente lo he declinado; primero, porque carezco de estilo, o de pluma, con lo que expresar de manera adecuada mis pensamientos; segundo, porque no he sido educado en lenguas o artes, sino únicamente en negocios; y en tercer lugar, porque no soporto alegremente las contradicciones o las censuras de otros. Esta resolución mía, sin embargo, la he dejado ahora de lado por la súplica del Dr. Reg. de Graaf; y le he dado una memoria sobre lo que he notado en el moho, el aguijón y los diversos pequeños miembros de la abeja, y también sobre el aguijón del piojo. Esta memoria, él (Mr. de Graaf) se la pasó a usted; después de lo cual usted me envió una respuesta, en la que veo que mis observaciones no han desagradado a la Royal Society, y que los *fellows* desean ver representaciones del aguijón y de los pequeños miembros de la abeja, de los que yo hice mención. Como yo no sé dibujar, he hecho que las dibujen por

> mí, pero las proporciones no han resultado tan bien como yo esperaba ver; y cada representación que le adjunto fue vista y dibujada utilizando diferentes lentes amplificadoras. Le ruego, por tanto, y a esos Caballeros a los que les puede llegar esta reseña, que por favor tengan en cuenta que mis observaciones y pensamientos son el resultado de mi propio impulso sin ayuda de nadie y mi curiosidad solitaria; porque, aparte de mí, en nuestra ciudad no hay filósofos que practiquen este arte; de manera que ruego que no tomen a mal mi pobre redacción, y la libertad que me he tomado poniendo por escrito mis pensamientos aleatorios.

El 8 de agosto, esto es, una semana antes de que Leeuwenhoek despachase la carta anterior, Constantijn Huygens había escrito (en inglés) a Robert Hooke:

> Habiendo deseado nuestro honrado ciudadano, Mr. Leewenhoeck —o Leawenhook, de acuerdo con su ortografía— que yo revisase con atención lo que, a requerimiento de Mr. Oldenburg y por orden, supongo, de la Royal Society, no puedo abstenerme de esta oportunidad para darle mi opinión sobre el carácter de este hombre, que es una persona no leída tanto en ciencia como en lenguas, pero por propia naturaleza extremadamente curioso y laborioso, como percibirá no sólo por lo que le ha dado sobre la abeja, sino también por sus claras observaciones sobre el maravilloso y transparente *tubuli* que aparece en todo tipo de maderas. [...] Su forma de conseguir esto es haciendo una diminuta incisión en el borde de una caja, y luego arrancando de ella una pequeña rebanada o película, como creo que lo denominan ustedes, lo más fina posible, y colocándola sobre la aguja de su pequeño microscopio —una *machinula* de su propia inventiva y habilidad—. Confío en que no le desagraden las ratificaciones de un investigador tan diligente como es este hombre, aunque siempre sometiendo modestamente sus experimentos y presunciones sobre ellos a la censura y corrección de los eruditos.

Como vemos, Leeuwenhoek no sabía otro idioma más que el suyo. Él mismo lo confesaba en numerosos pasajes de sus cartas, en la ya citada del 15 de agosto de 1673, por ejemplo: «No he sido educado en lenguas». Con mayor claridad, lo explicaba en una carta posterior que envió a Oldenburg el 12 de enero de 1676:

> Su atenta carta del 28 de diciembre [1675] me ha llegado sin problemas, de ella veo que usted no duda de que yo poseo conocimientos suficientes de la lengua francesa; pero debo confesar, para mi pesar, que no conozco ninguna otra lengua que el neerlandés, en el que fui educado: pero si usted me escribe en francés o en latín, puedo ingeniármelas bien, porque tengo suficientes amigos aquí que me las pueden traducir. Pero con el inglés no puedo arreglármelas, desde la muerte de cierto caballero que estaba bien versado en esa lengua. Le concedo que hay muchos de nacionalidad inglesa rondando por todas partes, pero no todos son competentes como para traducir las *Transactions* del inglés al holandés: cuando he preguntado aquí por una persona apropiada, se me dirigió al cantante de la Iglesia de Inglaterra (que también ofrece sus servicios para enseñar inglés). Este individuo, atreviéndose a hacer lo que yo quería, y habiendo traducido para mí un trocito que despertó mi curiosidad, era tan defectuoso que no pude encontrar ni pies ni cabeza en ello.

Afortunadamente, Oldenburg sí sabía neerlandés. A partir de 1673, Leeuwenhoek comunicó sus observaciones a la Royal Society de Londres, donde Oldenburg se las tradujo para publicarlas. Más aún, el 29 de enero de 1680 Leeuwenhoek fue admitido como miembro de la Sociedad; el *fellow* n.º 362 de la historia de la corporación. Entre sus numerosos descubrimientos se cuentan la identificación de las bacterias, que observó (en 1683) en sus propios esputos y sarro dental; la forma y el tamaño de los hematíes o glóbulos rojos de la sangre; la textura de la pared de los vasos sanguíneos, del corazón, de los músculos, de la sustancia blanca del encéfalo y de la médula espinal. Descubrió, asimismo, que en una gota de agua de lluvia se veían unos seres minúsculos que se movían (la asociación del movimiento con la vida le llevó a identificarlos como *animáculos*).

No tuvo discípulos, ni descubrió sus procedimientos, y la observación microscópica no mejoró sustancialmente hasta la aparición, en la

década de 1820, de los microscopios acromáticos, que eliminaron la aberración esférica y los halos.

ISAAC NEWTON: UNA PERSONALIDAD COMPLEJA*

Isaac Newton (1642-1727) es para muchos el científico más importante de la historia. Su obra en física (dinámica, óptica, astronomía) y matemáticas (que incluye la joya suprema: el cálculo infinitesimal, cálculo de fluxiones en su terminología) y la importancia e influencia de éstas justifican que se le pueda considerar de tal manera. Pero, además de la física y la matemática, Newton tuvo otros intereses: fue, asimismo, alquimista, teólogo, historiador, y un perseguidor apasionado y genial de los arcanos del conocimiento. Tendemos a contemplar a Newton como el paradigma del científico en el sentido moderno, como el estudioso de los fenómenos naturales, y aunque esta caracterización de ese inglés irascible y poco dado a compartir sus conocimientos no deja de ser cierta, también se encuentra desenfocada. En un vibrante y apasionado ensayo, el economista John Maynard Keynes (1883-1946) lo caracterizó como el «último de los magos, el último de los babilonios y de los sumerios; la última de las grandes mentes que contempló al mundo visible e intelectual con los mismos ojos de aquellos que empezaron a construir nuestra *heredad* intelectual, hace casi diez mil años».

Es evidente, sin embargo, que semejante caracterización contiene elementos inaceptables. Newton introdujo en el análisis de los fenómenos naturales un método radicalmente nuevo, un método que, si ya le distinguía de predecesores como Descartes o Kepler, le separaba aún más de todos aquellos que habían empezado, milenios antes, a «construir nuestra heredad intelectual». El delicado

equilibrio e interrelación entre observación experimental y representación teórico-matemática, la prodigiosa habilidad para reducir los problemas físicos a problemas matemáticos, para tratarlos como tales y aplicar luego los resultados así obtenidos a la investigación empírica; todo esto —la esencia del método científico moderno y contemporáneo— es algo que ninguno de sus contemporáneos o precursores logró. En este sentido, ciertamente no contempló el mundo físico de la misma manera que los antiguos. Y, no obstante, a pesar de tales diferencias, las frases de Keynes (llegó a reunir una de las colecciones más importantes de manuscritos «no científicos» newtonianos) contienen algo de verdad y tocan la esencia del pensamiento del catedrático lucasiano de la Universidad de Cambridge. Este elemento de verdad se aprecia con mayor claridad cuando, más adelante en su ensayo, Keynes explicaba los calificativos que había aplicado a Newton:



Isaac Newton, atribuido a John Vanderbank (*c.* 1726).

> ¿Por qué lo llamo mago? Porque contemplaba el universo y todo lo que en él se contiene como un enigma, como un secreto que podía leerse aplicando el pensamiento puro a cierta evidencia, a ciertos indicios místicos que Dios había diseminado por el mundo para permitir una especie de búsqueda del tesoro filosófico a la hermandad esotérica. Creía que una parte de dichos indicios debía encontrarse en la evidencia de los cielos y en la constitución de los elementos (y esto es lo que erróneamente sugiere que fuera un filósofo experimental natural); y la otra, en ciertos escritos y tradiciones transmitidos por los miembros de una hermandad, en una cadena ininterrumpida desde la original revelación críptica, en Babilonia. Consideraba al Universo como un criptograma trazado por el Todopoderoso.

La ambición intelectual de Newton fue tal que no podía conformarse con otra cosa que no fuese la *última causa*, la explicación definitiva de todo lo que ocurre en la naturaleza. Y él situaba a Dios en ese lugar. De ahí su profundo y sostenido interés por los temas teológicos e histórico-religiosos, que aflora sólo muy

ocasionalmente en alguno de sus tratados científicos (volveré a esta cuestión en el capítulo 8).

Pero ahora quiero tratar de la compleja personalidad de Newton.

Hijo póstumo —y prematuro— de un pequeño agricultor, creció en la casa paterna, un caserío de Woolsthorpe, en Linconshire (Inglaterra). En 1645, su madre, Hannah, se casó de nuevo, esta vez con un clérigo: Barnabas Smith, rector de North Witham. Isaac no acompañó a su madre y permaneció con su abuela en Woolsthorpe, a dos kilómetros, cerca desde el punto de vista de la distancia, pero lejos desde el más relativo, aunque no menos real, de las emociones. Barnabas, que entonces tenía sesenta y tres años, vivió hasta los setenta y uno, y Hannah tuvo tres hijos con él, con los que regresó a Woolsthorpe en 1653. Todos estos hechos no debieron ser fáciles para un espíritu tan obsesivo como el de Newton y dieron ocasión, siglos más tarde, a que algunos investigadores (como Frank E. Manuel) explorasen su subterráneo y poderoso universo mental recurriendo a enfoques psicoanalíticos. La carrera universitaria, y a la postre también científica, del joven Isaac comenzó en los primeros días de junio de 1661, cuando fue admitido en el Trinity College de Cambridge. Aunque gozó del privilegio de recibir una educación superior, lo hizo con la limitación de ingresar en la Universidad como *subsizar*, es decir, como un estudiante pobre, que pagaba su estancia con trabajos serviles para los *fellows* (miembros del *college*) y estudiantes más ricos. El orgullo, el inmenso orgullo, de Isaac debió sufrir ante semejante situación. Tal vez estos hechos ayuden a comprender su personalidad. Entre los rasgos más llamativos de ésta se encuentra una aversión extrema

a recibir críticas. Cuando Robert Hooke criticó los resultados que Newton publicó en el número del 19 de febrero de 1672 de las *Philosophical Transactions* de la Royal Society —donde afirmó que la luz blanca estaba compuesta de colores «elementales»—, éste montó en cólera (Hooke pretendía haber demostrado esto mismo antes que Newton). Detestaba la polémica. Y la detestaba, por encima de todo, porque significaba que se cuestionaba su autoridad, algo que él no podía aceptar. Humilde, ciertamente, nunca fue; sí, por el contrario, huraño, susceptible y desconfiado (alguien dijo de él que padecía de un tipo de lo que vulgarmente llamamos neurosis aguda en grado extremo: «Uno de los más temerosos, cautos y suspicaces temperamentos que jamás conocí», aseguraba William Whiston, su sucesor en la cátedra lucasiana). Su agrio enfrentamiento con Hooke retraería aún más a Isaac de cualquier inclinación a publicar sus resultados, como se pondría de manifiesto más tarde a propósito de los *Principia* (lo veremos en el siguiente capítulo) y explica en parte también el porqué tardó tanto en dar a la imprenta la obra en la que englobó sus resultados sobre los fenómenos ópticos, la *Opticks* (1704).

A todo lo anterior hay que sumar algunas consecuencias de la intensa concentración en sus investigaciones, de las que él mismo en ocasiones se daba cuenta, como se comprueba en una carta que escribió el 13 de septiembre de 1693 a Samuel Pepys (1633-1703), antiguo secretario del Almirantazgo, diarista y una persona muy conocida e influyente en los círculos londinenses:

> Sir, poco tiempo después de que el señor [John] Millington [*fellow* del Magdalen College de Cambridge] hubiera entregado vuestro mensaje, me animó a veros la próxima vez que yo fuera a

> Londres. Me mostré contrario a ello; pero ante su insistencia consentí, antes de considerar lo que hacía, porque me siento extremadamente turbado ante la confusión en que me hallo, y no he comido ni dormido bien en esos últimos doce meses, ni poseo mi anterior consistencia mental. Creo no haber tenido nunca mala intención contra vuestros intereses, ni contra los del rey Jacobo, pero ahora me doy cuenta de que debo retirarme de vuestra amistad, y no veros más ni a vos ni al resto de mis amigos, si puedo abandonarlos tranquilamente. Os ruego me disculpéis por haber dicho que os vería de nuevo y quedo vuestro más humilde y obediente servidor, Is. Newton.

Todavía más desconcertante, más desequilibrada, fue otra carta que dirigió tres días después a John Locke (1632-1704), quien, como es bien sabido, dejó huella en la filosofía y compartió con Newton intereses en química-alquimia, teología y filosofía natural:

> Sir, siendo de la opinión de que habéis pretendido implicarme con mujeres y por otras causas estaba tan afectado, que cuando alguien me dijo que estabais enfermo y que no sobreviviríais respondí que mejor que estuvierais muerto. Deseo que me perdonéis por esta falta de caridad. Porque ahora me siento satisfecho de que lo que habéis hecho es justo y os suplico perdón por haber pensado mal de vos por esto, y por imaginar que golpeasteis la raíz de la moralidad en un principio que expusisteis en vuestro libro de ideas, y destinado a ser continuado en otro libro, por lo que yo os tomé por un hobbista [seguidor de Hobbes]. Os suplico también perdón por decir o pensar que existía un plan para venderme un cargo o implicarme. Vuestro más humilde y desafortunado servidor, Is. Newton.

Como es natural, Pepys se dirigió a Millington (carta del 26 de septiembre) y le preguntó por el asunto, a lo que éste le respondió el 30 de septiembre manifestando, después de recibir la carta de Pepys, lo siguiente:

> Había ido a ver a Newton inmediatamente con la intención de discutir con él el asunto, pero que estaba fuera de la ciudad y por tanto no le he visto hasta el 28 cuando le encontré en Huntingdon donde, según él y antes de que tuviese tiempo de preguntarle algo, me dijo que le había escrito a usted una carta muy rara, sobre la que estaba muy preocupado; añadió que estaba entonces

> en un estado desequilibrado que se había instalado en su cabeza, y que le mantuvo despierto durante cinco noches seguidas; que en cuanto tuviese oportunidad deseaba presentarse ante usted y pedirle perdón, sintiéndose muy avergonzado de haber sido tan rudo con una persona a la que tiene en tan alta consideración. Ahora está muy bien, y aunque me temo que se encuentra en algún pequeño grado de melancolía, creo que no hay razón para sospechar que su entendimiento esté afectado y espero que nunca lo esté.

Estaba claro que Newton había perdido durante algún tiempo su equilibrio mental, equilibrio que no obstante recuperó. En una nueva carta del 15 de octubre, se disculpaba así:

> El invierno pasado, durmiéndome muy a menudo junto a mi fuego, cogí la mala costumbre de dormirme en cualquier parte y a destiempo, lo cual, agravándose este verano, ha acabado de desorientarme, de tal modo que cuando os escribí no había dormido ni una hora cada noche desde hacía una quincena, y durante cinco noches consecutivas ni un parpadeo. Recuerdo haberos escrito, pero no recuerdo lo que dije de vuestro libro. Por favor, enviadme una trascripción de ese párrafo a fin de que pueda daros una explicación sobre el mismo, si puedo.

Se han propuesto varias hipótesis acerca del desencadenante de la locura temporal de Newton. Una es el mencionado maltrato al que llevaba sometiendo a su cuerpo y mente por su ansia de saber. Otra, que no fue capaz de superar el que muchos de sus manuscritos fuesen destruidos en un incendio que se produjo en sus aposentos (sin embargo, antes, a finales de la década de 1670, había sufrido una pérdida mayor y no reaccionó igual). Y la última teoría, que entró en contacto (inhaló vapores) con algunos materiales venenosos en sus experimentos alquímicos, en los que utilizaba elementos como mercurio, plomo, antimonio y combinaciones de arsénico. A finales de la década de 1970, algunos investigadores analizaron muestras de su cabello, de unos mechones que poseía la familia Portsmouth (emparentada con él a través de

los descendientes de su sobrina, Catherine Barton, que vivió con él cuando se trasladó a Londres, y el marido de ésta, John Conduitt); sometidos a análisis espectrográficos, estos restos revelaron la presencia de concentraciones anormalmente elevadas de plomo y mercurio, lo que apoyó la hipótesis de que su crisis de 1693 pudo deberse a un envenenamiento al aspirar esos metales.

Y es que Newton también fue un gran alquimista y dedicó intensos esfuerzos a la investigación alquímica. Parece que se sintió atraído por esos estudios a finales de la década de 1660 y comienzos de la de 1670. Insatisfecho con las respuestas que sus estudios teológicos y de filosofía natural le proporcionaban, encontró en la alquimia una posible fuente de esperanza que le llevó a forjar una pasión por el tema durante al menos treinta años. Incluso pensó que la piedra filosofal, el principio activo de la alquimia, estaba unida estrechamente con el Cristo de la cristiandad; ambos eran, al fin y al cabo, agentes de perfección y redención. Pero incluso ahí, con semejantes elementos «extracientíficos», por decirlo de algún modo, en sus motivaciones, no dejó de ser el científico que siempre fue. Leyendo algunos de sus escritos se puede comprobar que se planteó problemas fundamentales, entre ellos algunos pertenecientes a la teoría de la afinidad química (la rama de la química que se ocupa de las fuerzas que unen los elementos para formar compuestos). En la *Opticks* se encuentran evidencias de ello. Así, por ejemplo, en la Cuestión 31 de la edición de 1718 se puede leer:

> ¿No poseen las pequeñas partículas de los cuerpos ciertos poderes, virtudes o fuerzas con los que actúan a distancia no sólo sobre la luz, reflejándola e inflexionándola, sino también unos sobre otros, para producir una gran parte de los fenómenos de la

> naturaleza? En efecto, es bien sabido que los cuerpos actúan unos sobre otros por las acciones de la gravedad, magnetismo y electricidad. Estos ejemplos muestran el talante y curso de la naturaleza, haciendo que no sea improbable la existencia de otras potencias atractivas además de éstas.

Independientemente de sucesos como el anterior, su ya mencionada aversión a ser criticado se puede entender como una manifestación de un profundo egocentrismo. Y esta faceta de su personalidad dio origen a comportamientos nada recomendables, que se vieron favorecidos al convertirse en un personaje muy poderoso. El inmenso poder explicativo y predictivo de sus contribuciones científicas condujo a ese poder. En enero de 1689 fue elegido miembro del Parlamento en representación de la Universidad de Cambridge. Pero la gran oportunidad tardaría todavía siete años en llegar: en abril de 1696 tomaba posesión del puesto de *warden* del Mint, la Casa de la Moneda inglesa, lo que implicaba trasladarse a vivir a Londres y, por supuesto, magníficas retribuciones. En febrero de 1700, ascendía en esta escala oficial, pasando a ocupar el puesto de *master* del Mint. Finalmente, el 10 de diciembre de 1701 renunciaba a su cátedra. Su vida, sus aspiraciones, eran ya otras. Pero no renunciaba a acumular más poder: el 30 de noviembre fue elegido presidente de la Royal Society, puesto que mantuvo hasta su muerte. Y prueba de que ejerció el poder que el puesto le confería, basta con fijarse en su comportamiento con John Flamsteed, el astrónomo real. Newton presionó a Flamsteed con toda la dureza —y triquiñuelas— de que fue capaz para obtener las tablas astronómicas que éste había preparado durante años y que eran su principal tesoro y que Newton necesitaba para componer una teoría de las mareas, que quería añadir a una nueva edición de los *Principia*.

7
NEWTON, HALLEY Y LOS *PRINCIPIA**

Seguramente no existe libro más importante en la historia de la ciencia que *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (*Principios matemáticos de la filosofía natural*, 1687), de Isaac Newton. En este libro, escrito en latín, se introducían las tres leyes del movimiento: la de la inercia, la que establece que fuerza es igual a masa por aceleración y la denominada de acción y reacción. Y, además, en el Libro Tercero, el del «Sistema del Mundo», se explicaba, a través de la gravitación universal (representada en la ley del inverso del cuadrado de la distancia), cómo caen los cuerpos en la Tierra y cómo se mueven los cuerpos celestes. Estos contenidos, así como la transcendencia de la obra, son bien conocidos, pero lo es menos el proceso que llevó a su publicación y que conocemos gracias a las cartas que Newton intercambió con Edmund Halley (1665-1742), quien actuó como lo que hoy podríamos denominar «editor», un editor paciente y generoso.

Edmund Halley y *De motu*

Hijo de un rico fabricante de jabón de Londres, Edmond Halley dio muy pronto pruebas de sus habilidades científicas. En 1676, logró ser designado para dirigir una expedición a la isla de Santa Elena, para cartografiar por primera vez las estrellas del hemisferio sur. Tardó, no obstante, en conseguir un puesto pagado, algo que le llegó en enero de 1686 cuando la Royal Society, en la que había sido admitido como *fellow* en 1678, lo eligió para que fuese uno de sus oficiales (*clerks*); se encargó de dirigir la publicación de la revista de la Sociedad, las *Philosophical Transactions*, entre 1678 y 1693. De

hecho, lo de «puesto pagado» resultó ser una quimera, ya que la sociedad estaba en bancarrota y no fue capaz de pagarle las 50 libras que le correspondían (en su lugar, se le ofrecieron cincuenta copias de la *Historia piscium* [1672]. de Francis Willughby, que la propia Sociedad había publicado). Hasta 1704 no consiguió un puesto más distinguido (y remunerado): *Savilian professor* de Geometría en la Universidad de Oxford. En 1713, se convirtió en secretario de la Royal Society y, en 1721, en astrónomo real tras la muerte de John Flamsteed, cuya *Historia Coelestis* había editado el propio Halley en 1712.



Edmond Halley, atribuido a Michael Dahl (*c.* 1736).
© *Erich Lessing/Album*

Hoy se recuerda a Halley sobre todo por dar nombre a un célebre cometa (en uno de sus libros, *Astronomiae cometicae sinopsis*, publicado en 1705, predijo, utilizando la teoría gravitacional de Newton, que el cometa que había sido visto en 1682 volvería a hacerse visible en la Navidad de 1758), pero más importante para la historia de la ciencia es el papel que desempeñó en la publicación del ya citado libro de Isaac Newton: *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*.

Todo comenzó con una reunión que tuvo lugar en enero de 1684, en la sede londinense de la Royal Society, entre Halley, Robert Hooke y Christopher Wren (1632-1723). Wren, gran arquitecto, filósofo de la naturaleza y también eminente científico (además de *fellow* de la Royal Society y de ser su presidente en el período 1680-1682, fue *professor* de Astronomía en el Gresham College de Londres desde 1657 hasta 1661 y *Savilian professor* de Astronomía en Oxford entre 1661 y 1673). En un momento determinado, la conversación giró en torno al problema del movimiento planetario y Wren terminó ofreciendo un premio de un libro valorado en 40 chelines a quien pudiese deducir la forma de las órbitas planetarias, suponiendo que la fuerza de atracción ejercida por el Sol fuese inversa al cuadrado de la distancia. Ésta fue la pregunta que Halley hizo a Newton cuando fue a visitarle a Cambridge en agosto. La respuesta del *Lucasian professor* fue inmediata: una elipse. Preguntado cómo lo sabía, contestó que lo había calculado hacía tiempo. Buscó los papeles correspondientes, pero no los encontró y prometió a Halley que reharía los cálculos y se los enviaría. En parte, cumplió su promesa, ya que en noviembre le mandó a través de Edward Paget, miembro como Newton del Trinity College, un manuscrito que contenía la demostración. También en noviembre, Halley visitó a Newton en Cambridge y el 10 de diciembre anunciaba en la Royal Society que éste «le había enseñado un curioso tratado, *De motu* [*Sobre el movimiento*]». El 23 de febrero de 1685, el manuscrito en cuestión se entregó a la Sociedad y se registró convenientemente.

De motu es un tratado breve, muy lejos de los

Principia; en él no aparece, por ejemplo, la tercera ley del movimiento, la de la acción y la reacción, sin la cual no puede haber, evidentemente, gravitación universal (para que exista hay que suponer que no es sólo el Sol el que ejerce una fuerza gravitacional sobre los planetas, sino que éstos también actúan sobre él, y en esto consiste, precisamente, la acción y la reacción). Ahora bien, por breve e incompleto que fuese *De motu*, muestra que la poderosa mente de Newton había entrado en funcionamiento y que el problema del movimiento de los cuerpos, incluido el de los cuerpos sobre los que actuaba la gravitación y en el que había pensado de forma intermitente en el pasado, era su interés principal. Sin embargo, parece que no hubo más noticias sobre el particular hasta más de un año después, cuando en la reunión ordinaria de la Royal Society del 28 de abril de 1686, Nathaniel Vincent, uno de sus miembros y *senior fellow* del Clare College de Cambridge, presentaba a la Sociedad el manuscrito de la primera parte de un libro titulado *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. Se ordenó que se escribiese a Newton una carta de agradecimiento y que el Consejo informase acerca de la conveniencia de editar la obra, para lo cual se pasaba el manuscrito a Halley, quien debía informar al Consejo. Con el informe favorable de éste, la Royal Society decidió que «la *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* de Mr. Newton se imprima en cuarto, con una letra bonita; y que se le escriba una carta transmitiéndole la resolución de la Sociedad y solicitando su opinión acerca del volumen, grabados, etc.».

La oferta de costear la edición era generosa, pero la situación económica de la Sociedad no permitía

cumplir con semejante deseo. Y fue en Halley en quien recayó la carga. Es cierto que su familia era rica, pero hay que tener en cuenta que su padre había fallecido en 1684 y que, en 1686, Halley ya tenía una familia a su cargo y ningún ingreso fijo (como vimos, la Royal Society le pagaba en libros, no en libras), de manera que su situación financiera no era tan buena como en el pasado. Sin embargo, aceptó el compromiso, el económico y el editorial, porque, como veremos enseguida, también debía controlar el proceso de edición. Es imposible escarbar en las mentes de personas que vivieron hace siglos, y estar seguros de lo que pensaron, pero, por algunas de sus manifestaciones, parece que Halley entendió bien la significación histórica del libro que Newton estaba escribiendo. Al intervenir directamente en su edición —más aún, al presionar al siempre irritable Newton a que lo terminase—, Halley se aseguró un lugar en la historia del pensamiento para el futuro, para todos los tiempos venideros.

Y ahora pasemos al proceso editorial, para lo cual utilizaré el segundo volumen de *The Correspondence of Isaac Newton*, que cubre el período 1676-1687.

El 22 de mayo de 1686, Halley escribía a Newton desde Londres y le informaba de la decisión de la Sociedad:

> Sir:
>
> Su incomparable tratado titulado *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, fue presentado por el Dr. [Nathaniel] Vincent a la R. Society el pasado 28 [de abril], y fueron tan sensibles al Gran Honor que les hace con su Dedicatoria que inmediatamente ordenaron que se le agradezca de todo corazón, y que se debería reunir un Consejo para deliberar acerca de su impresión; pero debido a que el Presidente se encuentra con el Rey y a la ausencia de nuestros Vicepresidentes, a los que el buen tiempo han llevado fuera de la ciudad, no ha tenido lugar ningún Consejo auténtico para resolver sobre este asunto: de manera que el último

> Miércoles, la Sociedad, en su reunión, juzgando que la publicación de tan excelente trabajo no debería sufrir más retraso, resolvió imprimirlo a su propia costa, en Quarto grande, con una letra bella; y que ésta su resolución debería serle transmitida a usted pidiéndole su opinión, y que todo debe ser hecho a toda velocidad. Yo estoy encargado de controlar su publicación y me ocuparé de que todo sea realizado lo mejor posible, solamente tendré que tener sus instrucciones acerca de lo que crea necesario para su mejor presentación.

A continuación, Halley se refería a una cuestión que Robert Hooke había sacado a colación: su pretensión de haber sido él el inventor de «la regla de la disminución de la gravedad». Previendo una reacción airada de Newton (que ya había tenido en el pasado, recordemos, un enfrentamiento similar con Hooke, con relación a sus trabajos en óptica), Halley escribía: «Debo pedirle perdón de que sea yo quien le envíe esta información, pero pensé que era mi deber comunicársela, de manera que usted pueda actuar como corresponda».

Halley conocía bien al profesor lucasiano de Cambridge, quien en su respuesta (27 de mayo) se extendía en explicaciones de que no debía nada a Hooke: «En los papeles que usted tiene en sus manos, no hay ninguna proposición de la que él pueda pretender [ser responsable]». En su obvia irritación, Newton no aludía para nada al manuscrito de los *Principia*.

El 7 de junio, Halley enviaba a Newton «una prueba del primer pliego de su libro, que pensamos imprimir en este papel y con estos caracteres; si tiene usted alguna objeción, se cambiará; y si lo aprueba, continuaremos». Resulta, sin embargo, que Newton no había enviado más que una parte de lo que debía ser su libro y por ello Halley le pedía que «por favor, suminístrenos la segunda parte, o lo que queda de

ésta, tan pronto como la haya terminado; ya que la aplicación de esta parte matemática al Sistema del mundo es lo que hará [al libro] aceptable a todos los Naturalistas, al igual que a los Matemáticos, y constituirá una gran ayuda para la venta del libro». Añadía, asimismo:

> Ya la he corregido [la prueba que le enviaba], pero no puedo decir si he advertido todos los errores. Cuando ya haya pasado por sus ojos, no dudo de que estará libre de erratas. El impresor le pide excusas por los diptongos, que son de un tamaño un poco mayor, pero tiene algunos tipos del tamaño exacto. Al ser este pliego una prueba no está tan clara como debería ser; pero la letra es nueva y he visto un libro de un tipo muy adecuado que fue la última cosa impresa con este tipo de letra; de manera que espero que la edición le satisfaga.

El 20 de junio, Newton volvía a la carga con su polémica con Hooke, en una extensa carta al pobre Halley: «No es justo que me pida ahora que confiese, a través de la imprenta, ignorancia acerca de la proporción doble en los cielos por no otra razón que porque él me la haya dicho en el caso de los proyectiles, y así con fundamentos equivocados me acuse de esta ignorancia». Afortunadamente, en la última parte de su carta ya se refería a los *Principia*:

> Me gustó mucho la Prueba que me envió. He diseñado todo [el texto] para que esté compuesto de tres libros; terminé el segundo el verano pasado y es corto y sólo resta transcribirlo y dibujar adecuadamente los grabados. Desde entonces he pensado en algunas Proposiciones nuevas, que también puedo dejar fuera. Quiero que el tercero sea la Teoría de los Cometas. El pasado otoño empleé dos meses en cálculos sin fruto por falta de un buen método, lo que me hizo volver al primer Libro y ampliarlo con varias Proposiciones relativas a Cometas y otras a cosas diferentes que encontré el último invierno. Ahora pienso en suprimir el tercero. La filosofía es una Dama tan impertinentemente litigante que es mejor para un hombre estar involucrado en procesos legales que tener que ver con ella. Me di cuenta de esto antes, y ahora, nada más acercarme de nuevo a ella, me avisa. Los dos libros, sin el tercero, no llevarán tan bien el título de *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* y, por consiguiente, lo he

> cambiado a este, *De motu corporum libri duo*; pero después de pensármelo de nuevo, retengo el título anterior. Esto ayudará a la venta del libro, que no creo que no deba disminuir. En la primera página he eliminado las palabras *uti posthac decebitur* como referidas al libro tercero.

El asunto está claro: Newton, extremadamente molesto con las reclamaciones de Hooke, había decidido no incluir en su libro la tercera parte, lo que finalmente sería «El sistema del mundo», cuya discusión giraría en torno a la ley de la gravitación universal, la ley del inverso del cuadrado de la distancia, precisamente la que era objeto de reclamación por parte de Hooke. Ya había tenido bastante, insisto, con la polémica que mantuvo con Hooke en la década de 1660 a propósito de sus trabajos de óptica. Él no tenía paciencia para esas cosas. Cuando escribía «*Philosophy is such an impertinently litigious Lady that a man had as good to be engaged in Law suits as have to do with her*» («La filosofía es una Dama tan impertinentemente litigante…»), estaba pensando, obviamente, en Hooke.

Como bien podemos imaginar, Halley se alarmó al recibir esta carta y el 29 de junio escribía al susceptible Isaac:

> Estoy profundamente apenado de que en este asunto, en el que toda la humanidad debería manifestar su deuda con usted, se encuentre con algo que le perturbe, o que cualquier disgusto le haga pensar en desistir de sus pretensiones por una Señora de cuyos favores tiene usted tantos motivos para alardear. No vea en esto sino la envidia de sus rivales por su felicidad, que pretenden perturbar su pacífico disfrute; cuando considere todo esto, espero que verá motivos para alterar su anterior resolución de suprimir su tercer Libro, al no haber nada que usted haya podido compilar en él que no le preocupe al mundo de los instruidos, no sea que se les prive de ello; a los señores de la Sociedad a los que he informado, están muy preocupados por esto, y porque ese infeliz asunto le haya molestado.

Y continuaba con explicaciones acerca de cuáles

eran las contribuciones reales de Hooke, para terminar rogándole «que no deje que su resentimiento sea tan grande como para privarnos de su tercer libro, con la aplicación de su doctrina matemática a la Teoría de Cometas y varios curiosos experimentos; que, según puedo imaginar de lo que usted escribe, debe componerlo». La justificación de que tanto Halley como Newton se refiriesen en varias ocasiones al Libro Tercero («Sistema del mundo») como el que contenía la «Teoría de los Cometas» se debe en alguna medida a que finalmente casi la mitad de esa parte de los *Principia* trataba del movimiento de los cometas, en los que las trayectorias elípticas están mucho más marcadas que en los planetas. Y añadía:

> Ahora que usted ha aprobado los caracteres y el papel, impulsaré la edición vigorosamente. A veces he pensado en que los grabados se hagan en madera, de manera que se coloquen en la página con las demostraciones; sería más conveniente y no mucho más costoso; si le parece bien, intentaré ver lo bien que se puede hacer, en caso contrario, haré que los preparen en un tamaño mayor que los que le he enviado.

El 14 de julio, con su ira y amenaza aparentemente ya olvidadas, Newton se dirigía al paciente Halley señalando que había «considerado su propuesta acerca de los grabados de madera y creo que serían muy convenientes para el lector y pueden ser bastante agradables, pero lo dejo a su decisión». Y entraba en detalles sobre algunos diagramas en concreto.

El proceso siguió entonces su camino y no hubo mas cartas —o no disponemos de ellas— en las que se tratasen cuestiones relativas a la impresión hasta el 14 de octubre, fecha en la que Halley manifestaba a Newton lo siguiente:

> Debido a que usted no desea que su libro sea publicado antes del trimestre de Hillary [*Hillary term*, uno de los tres períodos lectivos

> anuales en los que se dividía, y aún se divide, la enseñanza en las universidades de Cambridge y Oxford, lo que significa que no quería que se publicase el libro hasta el año siguiente], la impresión no se ha acelerado todo lo que podría haberse hecho; pero espero que eso sea lo más correcto para proceder tan lentamente. Le envío con el carruaje que saldrá mañana por la mañana todos los pliegos que se han compuesto, deseando que quiera señalar todas las erratas que encuentre, de forma que si hubiese alguna el lector sea avisado, pero esto es decisión suya.

Y a continuación trataba algunos detalles del contenido de la obra, señalando puntos que consideraba que no estaban claros ni eran totalmente correctos. La mayor parte de la carta del 18 de octubre con la que Newton contestaba versaba sobre cuestiones de este tipo, y en ella también prometía leer las pruebas que acababa de recibir.

Aunque a nuestros ojos, acostumbrados hoy a circular al instante a lo largo y ancho del planeta a través de todo tipo de medios, el casi centenar de kilómetros que separan Cambridge de Londres no suponen una gran distancia, la situación en tiempos de Newton era muy distinta. Tal vez eso explique el contenido de la siguiente carta que Halley recibió del catedrático de Filosofía Natural, en la que éste se refería a los *Principia*. Estaba fechada el 13 de febrero de 1687, año en el que finalmente aparecería el libro:

> Le he enviado la hoja que quería. Tenía dispuesto para usted el segundo libro en otoño, habiéndole escrito en el verano que debería aparecer con el primero y que estaría preparado cuando lo necesitase, suponiendo por el ritmo de la imprenta en verano que lo necesitaría en noviembre o diciembre. Pero al no haber sabido nada de usted y conocer (aunque no era cierto) que debido a nuevas diferencias en la R. Society usted había dejado su lugar en la Secretaría, pensé que mi íntimo amigo Mr. C[harles] Montague preguntase a Mr. Paget qué pasaba y que me informase. Me escribe que Mr. [John] Wallis ha enviado algunas cosas sobre proyectiles bastante parecidas a las mías en los papeles que Mr. Paget le enseñó a usted, y que se le ordenó que debería consultarme sobre si pretendo imprimir las mías. Las he

> incluido al comienzo del segundo libro con otras de esa clase.

Y proseguía con otros comentarios, que muestran que la impresión de los *Principia* constituyó un proceso dinámico, abierto desde el punto de vista de su contenido.

Halley contestó el 24 de febrero. Le agradecía el envío de la hoja, «que se había perdido debido a la negligencia del impresor». Continuaba así:

> Ahora no haré nada más hasta que todo esté terminado, lo que espero será poco después de Pascua; y para recuperar el tiempo que he perdido, emplearé otra imprenta que se ocupe de la segunda parte, que estoy contento al saber que usted la ha perfeccionado; por favor, envíemela lo antes posible. En cuanto la tenga pondré al impresor a trabajar en ella y no dejaré de cumplir con mi parte para que aparezca al mundo de manera que usted quede satisfecho. Me entristece que la Sociedad aparezca ante usted tan inestable y que piense que cambia con frecuencia, pero no sucede esto; y me enorgullece decir que les sirvo a su satisfacción.

El 1 de marzo, Newton anunciaba a Halley que recibiría «el segundo libro el jueves por la noche o el viernes con el carruaje. He dado instrucciones de que se le deje con Mr. [Henry] Hunt en Gresham College. Por favor, póngame una línea o dos acusando recibo. Le agradezco que esté impulsando la edición por las expectativas de la gente, de otra manera yo podría haberme sentido satisfecho dejándolo reposar un año o dos más».

Efectivamente, el segundo libro llegó, tal y como Halley le informaba, el 7 de marzo, al mismo tiempo que le notificaba que lo «pondría a imprimir, al haber acordado con uno [un impresor] que me promete tenerlo listo en 7 semanas, formando unos veinte pliegos. El primer libro tendrá alrededor de 30, que se terminarán aproximadamente al mismo tiempo. Esta semana tendrá el pliego 18, según solicitó».

A estas alturas todavía no había entregado la

tercera parte, que había amenazado con no incluir, y Halley se lo recordaba:

> En este segundo [libro], menciona su tercer libro, *De mundi systemate*, que a partir de primeros principios, que los precedentes han establecido, no puede sino proporcionar satisfacción universal. Suponiendo que esté preparado, y que no sea demasiado extenso como para que se imprima al mismo tiempo, envíelo si le parece bien. Me encargaré que una tercera mano lo prepare, estando resuelto a no implicarme en ningún otro asunto hasta que todo esté hecho: deseando librarme de toda imputación de negligencia, en un asunto en el que estoy muy satisfecho de participar, para dar al mundo algo que todas las épocas futuras admirarán.

Halley escribía de nuevo a Newton el 14 de marzo:

> Ahora le he enviado el pliego 18 de su libro, pero no pude cumplir mi palabra debido a las extraordinarias complicaciones con el último pliego, que fue la razón por la que no fui capaz de terminarlo a tiempo de enviárselo la última semana. No he querido intentar librarlo de erratas, pero me doy cuenta de que a pesar de mi cuidado algunas se habrán introducido, aunque espero que no sean importantes. Por favor, examínelo usted y señale qué errores se han cometido, de manera que se puedan señalar al final; si son muy importantes, se volverá a componer el pliego, como nos vimos obligados con el D y habrá que hacer con la mitad del P, ya que la figura está invertida debido a la negligencia del impresor en la página 112. Espero enviarle otros tantos pliegos en unos quince días y tener muy pronto terminada la primera parte.

Seguramente aliviado, el 5 de abril Halley comunicaba a Newton lo siguiente:

> No he recibido la última parte de su divino tratado hasta ayer, aunque llegó a la ciudad hace una semana, debido a que he estado fuera de la ciudad la última semana. La primera parte estará terminada en tres semanas y considerando que el tercero es más breve que el segundo, la misma imprenta que hizo el primero lo hará tan pronto como el segundo esté terminado, pero encuentro algunas dificultades en que la letra sea exactamente la misma.

Al igual que venía haciendo, Halley no se limitaba a cuestiones editoriales, sino que continuaba su carta señalando algunas dificultades. En este caso, se

trataba del método que empleaba Newton para determinar la órbita de un cometa y mencionaba que, aunque no dudaba de que sus principios funcionarían, «una proposición o dos relativas a estas cuestiones añadirán mucho a la belleza y perfección de su Teoría de Cometas».

Y así, por fin, terminó la composición e impresión de *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, como, suponemos que orgullosamente, comunicaba Halley a Newton el 5 de julio:

> Honorable señor:
>
> Por fin he llevado su libro a su final y espero que le guste. Las últimas erratas llegaron justo a tiempo para insertarlas. Entregaré de su parte los libros que desea a la R. Society, a Mr. [Robert] Boyle, a Mr. [Edward] Paget, a Mr. [John] Flamsteed y si hay alguien más en la ciudad a quien usted quiera gratificar de esta manera; le he enviado 20 ejemplares para que los regale a sus amigos de la Universidad, le ruego que los acepte. En el mismo paquete recibirá 40 más que, al no tener a nadie conocido en Cambridge, le tengo que pedir que ponga en manos de uno o más de sus mejores libreros para que dispongan de ellos: pienso que el precio de ellos, encuadernados en piel de vaca y con letras impresas, sea aquí de 9 chelines; los que le envío los valoro en *queries* [cuadernillos que forman un libro, equivalente a 24 o 25 hojas de papel para escribir] en 6 chelines, para recuperar mi dinero según se vendan, o en 5 chelines de precio [si se paga inmediatamente o en poco tiempo]; porque pienso que no hay manera de tratar con libros sin interesar a los libreros y estoy dispuesto a que vayan a medias conmigo, en vez de que su excelente trabajo sufra con sus combinaciones. Espero que no se arrepienta de los esfuerzos que se ha tomado en una pieza tan loable, tanto para usted mismo como para el crédito de las naciones, y que, después de que se haya recuperado un poco en los otros estudios, reanude esas consideraciones, en las que tanto éxito ha tenido, e intente perfeccionar la Teoría Lunar, que servirá de forma prodigiosa en navegación, al igual que de profunda y sutil especulación.

Como vemos, Halley intentaba recuperar el dinero que había invertido en la edición de los *Principia*, ocupándose también de la distribución, para

la que pedía ayuda a Newton, por si conocía a algún librero adecuado en Cambridge. No obstante, las tareas de distribución resultaron ser demasiado complicadas para el esforzado Halley, que recurrió a un librero de Londres, Samuel Smith, que más tarde sería uno de los que produjeron la *Óptica* de Newton. No se sabe si Halley llegó a recuperar la inversión realizada.

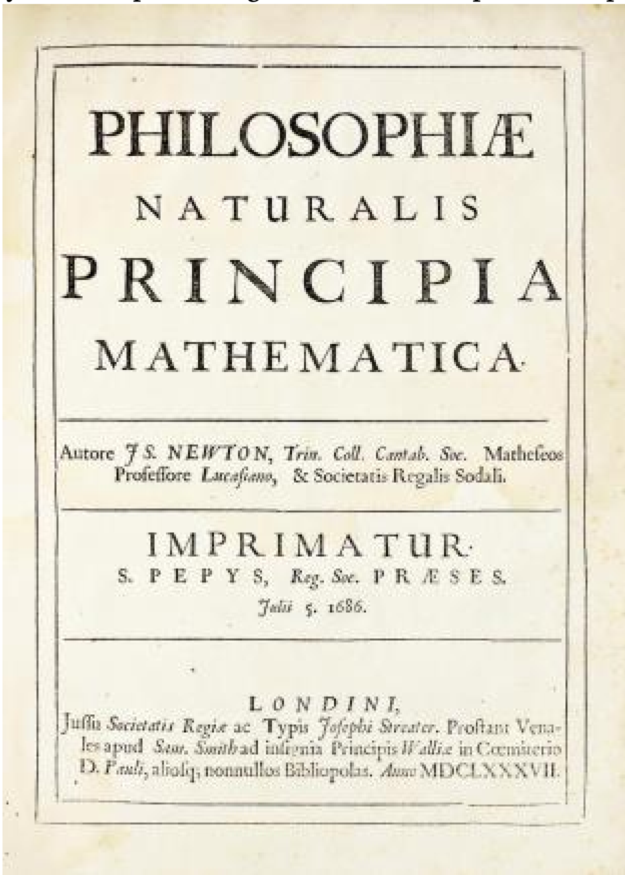
Se desconoce a ciencia cierta cuántos ejemplares de los *Principia* se compusieron; parece que entre trescientos y cuatrocientos, cada uno a un precio de entre 9 y 5 chelines. Por 511 páginas. 9 chelines por la mayor de las sabidurías, por las leyes del movimiento y por el sistema del mundo; por comprender que la fuerza responsable del movimiento de los cuerpos celestes es la misma que hace que todo lo que hay sobre la Tierra se precipite hacia el suelo. Muy barato resultó. En un censo realizado en 1953 se identificaron 189 ejemplares aún existentes: 124 en Europa, 63 en Estados Unidos, 1 en Australia y 1 en Sudáfrica. Pronto fue un libro muy solicitado: en 1703, el ejemplar de Halley fue vendido por 2 libras, 3 chelines y 6 peniques, mientras que, en 1707, un tal sir William Browne se quejaba de haber tenido que pagar 2 guineas por uno. Nada comparable, sin embargo, con lo que sucedió en 1998, cuando la casa de subastas Christie’s sacó a la venta un ejemplar. El precio de partida fue de 80.000 dólares, y se vendió en 321.500.

El manuscrito de los *Principia*, por cierto, ha sobrevivido: se encuentra en la biblioteca de la Royal Society. Aunque contiene correcciones debidas a las plumas de Newton y de Halley, sus 460 páginas no fueron escritas por Newton, sino por su amanuense,

Humphrey Newton, con el que no le unía ningún parentesco, a pesar del apellido común. Humphrey trabajó para Isaac cinco años, entre 1685 y 1690. No han sobrevivido, o no se conocen, los borradores que sin duda el profesor lucasiano debió de escribir.

Al menos en esta ocasión, el Newton casi siempre egoísta e indiferente a los sentimientos ajenos reconoció los esfuerzos de Halley. En el «Prefacio al lector» que incluyó en los *Principia* escribió:

> En la publicación de este trabajo, Edmond Halley, un hombre de la mayor inteligencia y de saber universal, fue una ayuda enorme; no sólo corrigió los errores tipográficos y controló la preparación de los grabados de madera, sino que fue él quien me inició en el camino hacia esta publicación. Desde que hubo obtenido mi demostración de la forma de las órbitas celestes, nunca dejó de pedirme que lo comunicase a la Royal Society, y su subsiguiente ánimo y amable patronazgo me llevaron a pensar en publicarlo.



PHILOSOPHIÆ

NATURALIS

PRINCIPIA

MATHEMATICA.

Autore *JS.* NEWTON, *Trin. Coll. Cantab. Soc.* Matheseos Professore *Lucasiano*, & Societatis Regalis Sodali.

IMPRIMATUR.

S. PEPYS, *Reg. Soc.* PRÆSES.

Julii 5. 1686.

LONDINI,

Jussu *Societatis Regiæ* ac Typis *Josephi Streater.* Prostant Venales apud *Sam. Smith* ad insignia Principis *Walliæ* in Coemiterio D. *Pauli*, aliosq; nonnullos Bibliopolas. *Anno* MDCLXXXVII.

Portadilla de *Philosophiæ naturalis principia mathematica*.
© *Kharbine -Tapabor/Migny/Album*

Tras la primera edición de 1687, hubo una segunda, que apareció entre el 11 y el 14 de julio de 1713, con Roger Cotes (1682-1716) desempeñando un papel similar al de Halley (editor, pero sin arriesgar su dinero), y luego una tercera (31 de marzo de 1726) a cargo de Henry Pemberton (1694-1771). Ambas ediciones fueron revisadas por Newton, que introdujo cambios, y las dos aún en latín (la primera edición en inglés apareció en Londres en 1729). De la segunda edición se imprimieron 750 copias, y de la tercera, 1.250, señal inequívoca de que el libro iba consolidándose como lo que en realidad fue desde el primer momento: una obra maestra de la ciencia.

8
¿DIOS EN LA FÍSICA?: LEIBNIZ CONTRA NEWTON*

Con su obra científica, en matemáticas y física, Isaac Newton terminó convirtiéndose en uno de los grandes paradigmas de la racionalidad —el siglo XVIII, el de la Ilustración, no se puede comprender al margen de lo que significó su ciencia—, palabra que se puede entender como «argumentar siguiendo los requisitos de la lógica y no violentando hechos comprobados». Desde este punto de vista, en particular desde el de «no violentar hechos comprobados», ciencia y religión («la *obra* de Dios, esto es, la naturaleza, el mundo, y la *palabra* de Dios, las Sagradas Escrituras») pertenecen a mundos diferentes, pues la religión se basa primordialmente en la fe, mientras que la ciencia, insisto, lo hace en los hechos observados y comprobados. Pero en el siglo XVII, y en la obra de Newton, ciencia y religión no estaban tan alejadas como lo estarían años más tarde. Newton defendía la idea de que la ciencia, la filosofía natural, debía considerarse como un buen instrumento, aunque no definitivo, en la búsqueda del «conocimiento de la causa primera», que no era otra que Dios.

Aunque pueda sorprender que el maestro de la racionalidad matemático-experimental buscase los secretos de la naturaleza fuera de ésta, lo cierto es que Newton creía que el mensaje divino que había estado alguna vez en las Sagradas Escrituras (eso sí, en las versiones no corrompidas) contenía también la explicación del funcionamiento de la naturaleza. Por eso buscó las creencias religiosas de los antiguos y escribió miles de páginas en las que pugnaba por

reconstruir la verdadera religión, páginas que incluyen también libros como *Observations upon the Prophecies of Holy Writ particularly the Prophecies of Daniel and the Apocalypse of St. John*, que sólo vería la luz pública en 1733, seis años después de su muerte. Una de sus creencias era que el antiguo templo de Jerusalén no sólo incluía datos relativos a los modos de adoración a Dios o a los dioses antiguos, sino que también contenía información sobre la ciencia antigua, porque, sostenía, los antiguos, además de atesorar la religión verdadera, habían conocido la ciencia auténtica. Al fin y al cabo, leemos en uno de sus manuscritos inéditos que «la primera religión fue más racional que todas las demás, hasta que las naciones la corrompieron. Ya que no existe forma [...] de acceder al conocimiento de una Deidad salvo mediante la naturaleza». Esta última frase, «salvo mediante la naturaleza», es, por supuesto, significativa y ayuda a comprender por qué existió un Newton científico. Consecuentemente, la religión verdadera sólo se podía llegar a conocer sumergiéndose en el mundo de los antiguos, estudiándolo con parecido rigor al que empleaba en sus investigaciones científicas. La búsqueda de aquel conocimiento primordial, no contaminado, constituyó el gran objetivo de la vida de Newton, al que le dedicó más tiempo y esfuerzos que a sus investigaciones científicas, que, como he señalado, también participaban de sus preocupaciones religiosas.

La objeción más importante que ponía al texto del Nuevo Testamento se refería a la Trinidad. Creía firmemente que el texto griego del Nuevo Testamento estaba muy contaminado por los trinitarios y que era preciso recuperar sus manifestaciones originales, en las que Jesús era el cordero de Dios, pero no era

consustancial o coeterno con Dios. Él, que era miembro del Trinity College (Colegio de la Trinidad), era un arriano, esto es, no creía en la Santísima Trinidad, sino en un solo Dios. Era, por consiguiente, un hereje en la Inglaterra de su tiempo y se cuidó de no hacer públicas sus ideas. Muy pocos llegaron a conocerlas.

Parece que la búsqueda de su Dios le guio incluso en la composición de su obra magna, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. Así, en una carta que escribió el 10 de diciembre de 1692 a Richard Bentley (1662-1742), a quien se debe el que Newton autorizara la publicación de una segunda edición de los *Principia* (1713), señalaba que «cuando escribí mi tratado acerca de nuestro Sistema [los *Principia*], tenía puesta la vista en aquellos principios que pudiesen llevar a las personas a creer en la divinidad, y nada me alegra más que hallarlo útil a tal fin». Aunque a continuación añadía: «Pero si de esta forma he hecho algún servicio público "se debe nada más que al trabajo [*industry*] y al pensamiento paciente"». Cuando se analiza el contenido de los *Principia* encontramos al Newton científico, físico y matemático, no al teólogo. De este último aparecen muy pocos rastros. En dos lugares, de hecho. El primero es una referencia a Dios, breve y no demasiado afortunada, en el libro tercero de la primera edición de los *Principia*, en el Corolario 5.º a la proposición VIII, Teorema VIII. Allí se lee: «Por tanto, Dios situó a los planetas a diferentes distancias del Sol para que cada uno, según el grado de densidad, disfrutase de un grado mayor o menor de calor solar». Sin embargo, en la segunda edición Newton eliminó esta nota, tal vez, como ha sugerido I.

B. Cohen (*Introduction to Newton's «Principia»*, 1971), debido al comentario del recensor, anónimo, pero que él ha identificado como Christoph Pfautz, de los *Principia* en las *Acta Eruditorum* de Leipzig (1688).

Como si tratase de compensar esa pérdida teológica en la segunda edición de los *Principia* —publicada en 1713, cuando tenía setenta y un años—, Newton decidió cerrar su gran monografía con unas páginas dedicadas a la «divinidad», a su «solitario» Dios. Se trata del célebre «Escolio general», en el que Newton pretendía, poco menos, que definir a Dios. Cito algunos fragmentos de él:

> Los seis planetas principales giran en torno al Sol en círculos concéntricos con el Sol, y con movimientos en la misma dirección y casi en el mismo plano. Diez lunas giran en torno a la Tierra, Júpiter y Saturno en círculos concéntricos, con la misma dirección de movimiento, y aproximadamente en los planos de las órbitas de los planetas. Pero no es concebible que causas meramente mecánicas puedan ser el origen de todos estos movimientos regulares: toda vez que los cometas circulan en todas las partes de los cielos, en órbitas muy excéntricas. Con este tipo de movimiento los cometas pasan fácilmente por las órbitas de los Planetas, y con gran rapidez, y en sus afelios, cuando sus movimientos son más lentos y se detienen por más tiempo, distan entre ellos inmensamente, para que sea mínima la perturbación de sus atracciones mutuas. Este maravilloso Sistema del Sol, Planetas y Cometas sólo pudo tener origen en el consejo y poder de un ser inteligente y poderoso. Y si las Estrellas fijas fuesen los centros de otros sistemas semejantes, todos ellos, construidos con sabio consejo similar, estarán sometidos al dominio de *Uno*; especialmente porque la luz de las Estrellas fijas es de la misma naturaleza que la luz del Sol, y cada sistema emite luz hacia todos los demás. Y para que los sistemas de las Estrellas fijas no caigan por la gravedad uno sobre otro, él los habría colocado a inmensas distancias uno de otro.
>
> Este Ser lo rige todo, no como alma del mundo, sino como el Señor de todo. Y por su dominio, suele ser llamado Señor Dios *Pantokrator*, o Gobernador Universal. Pues Dios es una palabra relativa, y está en relación con los siervos; y Deidad es el dominio

> de Dios, no sobre su propio cuerpo, como creen aquellos para quienes Dios es el alma del mundo, sino sobre los siervos. El Dios supremo es un Ser eterno, infinito, absolutamente perfecto; pero un ser por muy perfecto que sea, sin dominio no se puede decir el Señor Dios. Pues decimos, Dios mío, dios vuestro, Dios de Israel, Dios de Dioses, y Señor de Señores; pero no decimos infinito mío, o perfecto mío. Estas denominaciones no tienen relación con los siervos. La voz Dios significa con frecuencia Señor: pero no todo señor es un dios. Es el dominio de un ser espiritual lo que constituye un Dios; un dominio verdadero, supremo o imaginario hace un Dios verdadero, supremo o imaginario. Y de su dominio verdadero se sigue que el Dios verdadero es un Ser Vivo, Inteligente y Poderoso; y de las demás perfecciones, que es Supremo o sumamente Perfecto. Él es Eterno e Infinito, Omnipotente y Omnisciente, es decir, perdura desde la Eternidad hasta la Eternidad, y está presente desde el infinito hasta el infinito: lo rige todo, lo conoce todo, lo que sucede y lo que puede suceder. No es Eternidad e Infinitud, sino Eterno e Infinito; no es la Duración y el Espacio, sino que dura y está presente. Dura siempre y está presente en todo lugar, y existiendo siempre y en todo lugar, constituye la Duración y el Espacio. [...] Dios es uno y el mismo Dios siempre y en todo lugar. Es omnipresente no sólo *virtualmente* sino *sustancialmente*. [...] Está reconocido por todos que un dios supremo existe necesariamente; y por la misma necesidad existe *siempre* y en *todo lugar*. De donde también es todo él semejante a sí mismo, todo ojo, todo oído, todo cerebro, todo brazo, todo poder de percibir, de comprender, de actuar; pero de una manera en modo alguno humana, en una manera en absoluto corpórea, sino de manera totalmente desconocida para nosotros. Como el ciego que no tiene idea de los colores, de igual modo nosotros no tenemos idea de la manera en que el Dios sapientísimo percibe y entiende las cosas. Él está absolutamente desprovisto de todo cuerpo y figura corporal, y por tanto no puede ser visto, ni oído, ni tocado, ni debe ser venerado bajo la representación de cosa corpórea alguna.

Encontramos rastros de las ideas religiosas de Newton incluso en uno de los rasgos más contraintuitivos de la mecánica newtoniana, las (instantáneas) acciones a distancia, esto es, la propiedad de que las fuerzas se ejercen entre los cuerpos sin que medie entre ellos «sustento, medio,

alguno». En una carta que envió el 25 de febrero de 1693 a Richard Bentley, y en la que reconocía el problema filosófico y epistemológico que representaban las acciones a distancia, escribía:

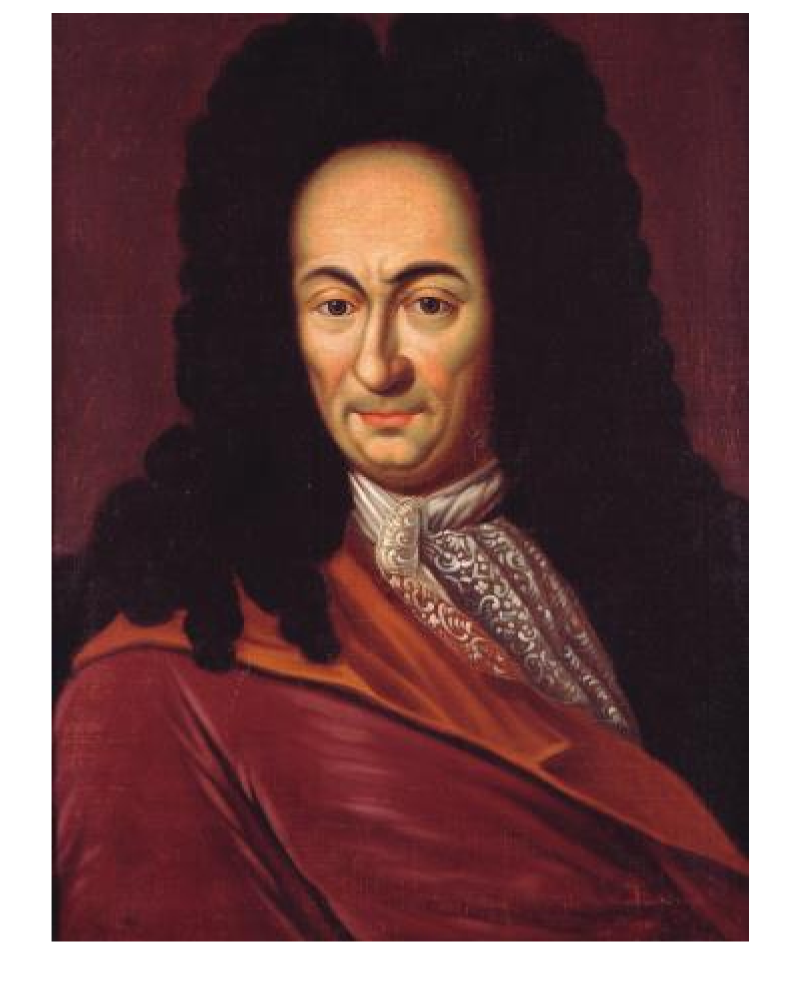
> Es inconcebible que la materia bruta inanimada opere y afecte (sin la mediación de algo que no sea material) sobre otra materia sin contacto mutuo, como debe ser si la gravitación, en el sentido de Epicuro, es esencial e inherente a ella. Y ésta es la razón por la que no deseo que se me adscriba la gravedad innata. Que la gravedad sea innata, inherente y esencial a la materia de forma que un cuerpo pueda actuar a distancia, a través de un vacío, sin la mediación de otra cosa con la cual su acción o fuerza puede ser transmitida de [un lugar] a otro, es para mí un absurdo tan grande que no creo que pueda caer en ella ninguna persona con facultades competentes de pensamiento en asuntos filosóficos. La gravedad debe ser causada por un agente que actúa constantemente de acuerdo a ciertas leyes, pero si este agente es material o inmaterial es una cuestión que he dejado a la consideración de mis lectores.

Una posibilidad es que el «agente inmaterial» que mencionaba fuese Dios, su solitario Dios.

No se debe pensar, sin embargo, que Newton fuera una *rara avis* en lo que se refiere a la mezcla de ciencia y religión que caracterizaba una parte importante de su pensamiento. Era un hombre de su tiempo, al igual que lo eran científicos tan destacados como el químico y físico Robert Boyle (1627-1691), uno de los grandes exponentes de la filosofía experimental inglesa. Boyle también fue un prolífico autor de temas sobre teología natural, el ámbito en el que ciencia y religión se encontraban; entre sus escritos se hallan ensayos como *The Christian Virtuoso, shewing that by being addicted to experimental philosophy, a man is rather assisted tan indisposed to be a good Christian* (*El virtuoso cristiano, demostrando que*

siendo adicto a la filosofía experimental, un hombre encuentra ayuda y no falta de disposición para ser un buen cristiano, 1690) y *Considerations about the Possibility of the Resurrection* (*Consideraciones sobre la posibilidad de la resurrección*, 1675). Y no es difícil encontrar más ejemplos de esfuerzos, parecidos a los de Boyle, de evidenciar la armonía entre ciencia y religión. Basta con ojear libros como *The Wisdom of God Manifested in the Works of Creation* (*La sabiduría de Dios manifestada en las obras de la creación*, 1691), de John Ray (1627-1705), el principal naturalista de la época, o *Astronomical Principles of Religion, Natural and Revealed* (*Principios astronómicos de religión, natural y revelada*, 1717), de William Whiston (1667-1752), el sucesor de Newton en la cátedra lucasiana y creyente como él en las ideas antitrinitarias del hereje Arrio.

La mezcla oscura y difusa entre ciencia y religión que impregnaba algunas discusiones científicas de aquella época se ve claramente en el intercambio epistolar que, a instancias de la princesa Carolina de Ansbach (esposa del príncipe de Gales y elector de Hannover, que posteriormente reinó en Gran Bretaña con el nombre de Jorge II), mantuvieron entre 1715 y 1716 el obispo anglicano Samuel Clarke (1675-1729) y Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716). Clarke, que representaba las opiniones de Newton, era un portavoz autorizado, ya que el autor de los *Principia* le había encargado la traducción al latín de la *Óptica*. La correspondencia entre ambos terminó con la muerte de Leibniz.



Gottfried Leibniz.

Gottfried Wilhelm Leibniz fue uno de esos espíritus universales que depara la historia. Hijo de un profesor de Filosofía Moral, que también ocupó diversos cargos administrativos en la Universidad de Leipzig, Leibniz estudió en esta universidad y en las de Jena y Altdorf, en donde se doctoró. Durante la mayor parte de su vida sirvió a diversos mandatarios (electores) germanos, ocupándose de asuntos administrativos, políticos, legales, diplomáticos e históricos, que simultaneaba con sus investigaciones

filosóficas y científicas. Sus contribuciones fecundaron disciplinas tan variadas como la matemática, la lógica, la física, numerosas ramas de la filosofía (la metafísica, en especial) y la historia. En aquellos tiempos de los siglos XVII y XVIII, en los que las enemistades por prioridades y puntos de vista diferentes podían ser profundas y duraderas, los desencuentros entre Leibniz e Isaac Newton fueron frecuentes y conocidos. Particularmente célebre es la disputa que mantuvieron por quién fue el primero en inventar el cálculo infinitesimal, y es que la presa reclamada no era desde luego menor. Otro menos conocido, del que me quiero ocupar ahora, estaba relacionado con la naturaleza del espacio, el tiempo y el mundo, y el papel que Dios desempeñaba en éste. Newton, con el magnífico soporte que le proporcionaba los *Principia*, y de acuerdo con sus ideas teológicas, defendía el carácter absoluto del espacio y el tiempo (algo así como receptáculo y cronómetro, respectivamente), universales e inmutables, que al final no necesitaban ni de la existencia ni del movimiento de los cuerpos. Por su parte, Leibniz pensaba justo lo contrario: que se debían entender como sistemas de relaciones. Consideraciones teológicas aparte, la munición que emplearon en aquella batalla fue muy diferente: Newton con su física y su idea de Dios, Leibniz con su metafísica y con principios filosóficos como el de la «razón suficiente» y el de la «identidad de los indiscernibles». Y la física ganó a la metafísica, Newton a Leibniz. Durante muchos años, espacio y tiempo se entendieron como entes absolutos. Hasta que llegó Albert Einstein con sus dos teorías de la relatividad, la especial y la general, aunque los caminos que este

científico siguió no fueron «metafísicos». Finalmente, Leibniz había sido el más «moderno» en cierto sentido, no en otros. Uno se siente tentado de preguntarse qué habría sucedido si Leibniz no se hubiera encontrado frente a un contrincante tan descomunal como Newton y su física. ¿Habría progresado un modo de investigar la naturaleza basado en buena medida en principios metafísicos? Creo que no, y desde luego el camino newtoniano fue el mejor, independientemente de que coexistiesen en él elementos primitivos.

He seleccionado algunos fragmentos de dos de las cartas que se intercambiaron Leibniz y Clarke, que creo dan idea de los argumentos e ideas de ambos, o mejor de Leibniz y de Newton. La primera es la que Leibniz envío a Clarke el 25 de febrero de 1716:

> 1. Según la forma corriente de hablar, los principios matemáticos son aquellos que aparecen en las matemáticas puras, como números, figuras, aritmética, geometría. Pero los principios metafísicos abarcan nociones más generales, como, por ejemplo, la causa y el efecto.
>
> 2. Se me acepta ese principio importante, que nada ocurre sin que exista una razón suficiente por la que sea así, en lugar que de otro modo. Pero se me acepta sólo de palabra, y se me niega de hecho. Lo que hace pensar que no han comprendido bien toda su fuerza. Y para eso se valen de un ejemplo que cae justamente bajo una de mis demostraciones contra el espacio real absoluto, ídolo de algunos ingleses modernos. Digo ídolo, no en sentido teológico, sino filosófico, como el canciller Bacon decía antaño que hay «*idola tribus*», «*idola specus*».
>
> 3. Estos señores sostienen que el espacio es un ser real absoluto, pero eso los lleva a grandes dificultades. Pues parece que esta entidad debe ser eterna e infinita. Por esto hay quienes han creído que era el mismo Dios, o bien un atributo suyo, su inmensidad. Pero como tiene partes, no es una cosa que pueda convenir a Dios.
>
> 4. En cuanto a mí, he señalado más de una vez que consideraba el espacio como una cosa puramente relativa, al igual que el tiempo; como un orden de coexistencias, mientras que el tiempo

es un orden de sucesiones. Pues el espacio señala en términos de posibilidad un orden de las cosas que existen al mismo tiempo, en tanto que existen conjuntamente, sin entrar en sus peculiares maneras de existir; y en cuanto vemos varias cosas juntas, nos damos cuenta de este orden de cosas entre ellas.

5. Para refutar la imaginación de los que tengan el espacio por una sustancia, o al menos por algún ser absoluto, dispongo de varias demostraciones. Pero no quiero utilizar por el momento sino aquélla de la que se me ofrece aquí la ocasión. Digo entonces que si el espacio es un ser absoluto, entonces se daría alguna cosa de la cual sería imposible que hubiera una razón suficiente, lo que va contra nuestro axioma. He aquí cómo lo pruebo. El espacio es una cosa absolutamente uniforme y, sin las cosas en él colocadas, un punto del espacio no difiere absolutamente en nada de otro punto del espacio. De lo que se sigue, suponiendo que el espacio en sí mismo sea algo distinto del orden de los cuerpos entre sí, que es imposible que haya una razón por la que Dios, conservando las mismas situaciones de los cuerpos entre ellos, haya colocado los cuerpos en el espacio así y no de otra manera, y por la que no haya sido todo puesto al revés (por ejemplo) por un cambio de oriente y de occidente. Pero si el espacio no es otra cosa que ese ordenado producto, y no es nada sin los cuerpos más que la posibilidad de colocar en él esos dos estados, uno tal como es, el otro supuesto al revés, éstos no diferirían entre sí: su diferencia no se encuentra más que en nuestra suposición quimérica de la realidad del espacio en sí mismo. Pero, en la realidad, uno sería justamente la misma cosa que el otro, ya que son absolutamente indiscernibles y, por consiguiente, no hay lugar para preguntar la razón de la preferencia del uno sobre el otro.

6. Esto mismo pasa con el tiempo. Suponiendo que alguien pregunte por qué Dios no ha creado todo un año antes, y que ese mismo personaje quiera deducir de ahí que Dios ha hecho algo de lo cual no es posible que haya una razón de por qué lo ha hecho así más bien que de otra manera, se le respondería que su razonamiento sería verdadero si el tiempo fuera algo fuera de las cosas temporales, pues sería imposible que hubiera razones por las que las cosas hubieran sido aplicadas más bien a tales instantes que a otros, mientras permanece idéntica su sucesión. Pero esto mismo demuestra que los instantes fuera de las cosas no son nada, y que no consisten más que en su orden sucesivo y, si éste permanece el mismo, entonces uno de los dos estados, como, por ejemplo, el de la anticipación imaginada, no diferiría en nada y no podría ser discernido del que está ocurriendo.

7. Se ve por todo lo que acabo de decir que mi axioma no ha sido bien comprendido y que, pareciendo aceptarlo, se le rechaza. Es verdad, dicen, que no hay nada sin una razón suficiente de por qué es así más bien que de otra manera, pero se añade que esta razón suficiente es, a menudo, la simple y mera voluntad de Dios, como cuando se preguntan por qué la materia no ha sido propuesta de manera en el espacio permaneciendo constantes las mismas ecuaciones entre los cuerpos. Pero justamente sostener que Dios quiere algo sin que hubiera ninguna razón suficiente de su voluntad va contra el axioma o regla general de todo lo que sucede. Es recaer en la vaga indiferencia que ya he rechazado ampliamente y que he señalado como absolutamente quimérica, incluso en las criaturas, y contraria a la sabiduría de Dios; como si él pudiera obrar sin actuar por razones.

8. Me objetan que no admitir esta simple y neta voluntad sería quitar a Dios la posibilidad de elegir, y que ello sería caer en la fatalidad. Pero es todo lo contrario: se mantiene en Dios la facultad de elegir, puesto que se funda sobre la razón de la elección conforme a su sabiduría. Y no es esta fatalidad lo que es necesario evitar (que no es otra cosa que el orden de lo más sabio o de la providencia), sino una fatalidad o necesidad bruta, donde no hay sabiduría ni elección.

El 15 de mayo, Clarke respondía como sigue:

1. Esto se refiere únicamente a la significación de las palabras. Las definiciones dadas aquí bien pueden ser admitidas y, además, el razonamiento matemático puede ser aplicado tanto a objetos físicos como matemáticos.

2. Indudablemente, nada existe sin una razón suficiente para ello más que para no existir, lo mismo que de por qué es así antes que de otra manera. Pero en las cosas por naturaleza indiferentes, esa razón suficiente es la mera voluntad, sin algo externo que influya sobre ella; como en el ejemplo de Dios creando y colocando cualquier partícula de materia en un lugar antes que en otro, cuando todos los lugares son originariamente iguales. Y el caso es el mismo, aun cuando el espacio no fuera real sino tan sólo el mero orden de los cuerpos. Desde luego, éste sería absolutamente indiferente, y no podría haber otra razón, sino la sola voluntad, por la que tres partículas iguales no pudieran ser colocadas u ordenadas en el orden 1, 2, 3, antes que en el orden contrario. Y por esta razón desde esta indiferencia de todos los

lugares, no puede inducirse ningún argumento que pruebe que el espacio no es real. Pues espacios diferentes serían realmente diferentes o distintos unos de otros, aunque fueran perfectamente iguales. Y aquí es evidente el absurdo de suponer que el espacio no es algo real, sino que es meramente el orden de los cuerpos, puesto que, conforme a esta idea, si la Tierra, el Sol y la Luna hubieran sido colocados donde están ahora situadas las estrellas fijas más lejanas, supuesto de antemano que estuvieran dispuestos en el mismo orden y distancia en lo que están ahora en relación unos con otros, no habría sido (como dice este sabio correctamente) la *même chose*, la misma cosa en realidad, lo que es verdad; pero se seguiría también que además habrían estado entonces en el mismo lugar en que están ahora, lo cual es una contradicción manifiesta.

Los antiguos no designaron a todo el espacio que está vacío de cuerpos, sino solamente al espacio que está fuera del mundo, con el nombre de espacio imaginario. El sentido de esto no es que tal espacio no sea real, sino solamente que no sabemos nada sobre qué clase de cosas hay en dicho espacio. Aquellos autores que con la palabra *imaginario* pensaron en cualquier tiempo el afirmar que el espacio no era real, no probaron con eso que no lo fuera.

3. El espacio no es un ser, un ser eterno e infinito, sino una propiedad, o una consecuencia de la existencia de un ser infinito y eterno. El espacio infinito es la inmensidad. Pero la inmensidad no es Dios y, por lo tanto, el espacio infinito no es Dios. Tampoco hay dificultad alguna en lo que aquí se ha afirmado acerca de que el espacio tiene partes. Porque el espacio infinito es uno, absoluta y esencialmente indivisible, y suponerlo dividido es una contradicción en los términos, porque en su separación debe haber espacio, lo cual es suponerlo dividido y, sin embargo, no dividido al mismo tiempo. La inmensidad u omnipresencia de Dios no es en mayor grado una división de su sustancia en partes, de lo que su duración, o continuación de la existencia, es una división de su existencia en partes. No hay aquí otra dificultad que la que surge del abuso metafórico de la palabra *partes*.

4. Si el espacio no fuera sino el orden de los coexistentes, se seguiría que, si Dios desviara todo el mundo material con una velocidad cualquiera en línea recta, permanecería, sin embargo, siempre inmóvil en el mismo lugar. Y también se seguiría que nada colisionaría con el parón en seco de ese movimiento. Y si el tiempo no fuera sino el orden de sucesión de cosas creadas, se seguiría que si Dios hubiera creado el mundo millones de años antes de hacerlo, sin embargo, no habría sido, en absoluto, creado antes. Además, el espacio y el tiempo son cantidades, cosa que no

son ni la situación ni el orden.

5. El argumento de este párrafo es que, supuesto que el espacio es uniforme o igual y no difiere una parte de otra, si los cuerpos creados en un lugar hubieran sido creados en otro (suponiendo que guardasen la misma situación el uno con respecto al otro) seguirían habiendo sido creados en el mismo lugar que antes, lo cual es una contradicción manifiesta. La uniformidad de espacio prueba que no podía haber allí una razón (externa) por la que Dios pudiera crear cosas en un lugar antes que en otro. Pero ¿impide eso a su propia voluntad ser una razón suficiente para sí misma para obrar en algún lugar, cuando todos los lugares son indiferentes o iguales, y que haya, por tanto, una buena razón para obrar en algún lugar?

6. Aquí cabe el mismo razonamiento que en el párrafo precedente.

7 y 8. Donde hay alguna diferencia en la naturaleza de las cosas, la consideración de esa diferencia determina siempre a un agente inteligente y perfectamente sabio. Pero cuando dos modos de obrar son semejantes e igualmente buenos (como en los ejemplos antes mencionados), afirmar, en tal caso, que Dios no puede obrar en absoluto, o que no es una perfección en Él poder obrar, porque puede no tener una razón externa que le haga hacerlo en un sentido más que en otro, parece negar que Dios tenga en sí mismo algún principio original o poder para empezar a obrar, y parece en cambio afirmar que debe necesitar ser determinado siempre por las cosas extrínsecas (como si fuera mecánicamente).

Tuvo aquel intercambio epistolar, en el que ciencia y filosofía dialogaban, un cierto «aire» de lo antiguo, de razonamientos al estilo practicado por pensadores como Platón o Aristóteles. Una memoria del pasado.

9
NEWTON VERSUS DESCARTES: VACÍO FRENTE A *PLENUM**

Newton murió en 1727, esto es, cuando el siglo XVIII había cumplido únicamente su primer cuarto, pero su influencia, su «sombra», se extendió mucho más allá y cada vez con más fuerza, inundando aquella centuria. De hecho, es difícil pensar que se hubiese llegado a hablar de Ilustración, o de Siglo de las Luces, si no se hubiera dispuesto de su ciencia, especialmente de la contenida en los *Principia*. Ahora bien, la física del movimiento y de la gravitación newtoniana tardó algunos años en salvar el canal de la Mancha y difundirse por el continente europeo, donde reinaban las ideas de René Descartes. Este último defendía la existencia de un universo en el que el vacío de las acciones a distancia de Newton no tenía cabida, modelo que plasmó en especial en uno de sus libros, *Principia Philosophiae* (1644; *Les Principes de la Philosophie*, 1647), en el que escribió:

> *Todos los planetas son arrastrados alrededor del Sol por el cielo en el que están alojados*. Después de haber anulado en virtud de estos razonamientos todos los escrúpulos que pueden tenerse en relación con el movimiento de la Tierra, pensemos que la materia del cielo en la que están ubicados los planetas gira sin cesar y trazando un círculo, tal y como lo haría un torbellino que tuviera al Sol como centro; pensemos asimismo que las partes del torbellino que están más próximas del Sol se mueven con mayor rapidez que aquellas que están alejadas y a una cierta distancia; pensemos que todos los planetas (entre los cuales nosotros situamos a la Tierra) permanecen siempre suspendidos entre las mismas partes de esta materia del cielo. En razón solamente de esto y sin recurrir a postular otros mecanismos, podremos entender todos los fenómenos que se observan como propios de

> los planetas. Todo acontecería de igual modo que en los meandros de los ríos, en los que el agua se repliega sobre ella misma y forma círculos al girar; si algunas briznas *u otros cuerpos muy ligeros* flotan, se puede ver que el agua las arrastra y las hace mover en círculo siguiendo su mismo movimiento; incluso entre estas briznas se puede observar que frecuentemente se dan algunas que giran en torno a su propio centro y que aquellos cuerpos, que están más próximos del centro del remolino que los contiene, concluyen su giro después de aquéllos que estaban a mayor distancia de su centro; finalmente, aun cuanto estos torbellinos de agua siempre giren en redondo, casi nunca describen círculos enteramente perfectos y se extienden en algunas ocasiones más según uno de sus diámetros, de modo que todas las partes de la circunferencia que describen no están a igual distancia del centro. Se puede, pues, imaginar que acontece lo mismo con los planetas y sólo hace falta postular esto para explicar todos los fenómenos.

La idea de Descartes tenía sus ventajas, siendo la principal que se entendía el mecanismo por el que los planetas se movían en torno al Sol: simplemente, eran arrastrados por un vórtice en cuyo centro se encontraba el Sol. Y, si hacía falta, se podían añadir otros vórtices; por ejemplo, uno más pequeño centrado en la Tierra que arrastrase a la Luna. Asimismo, la gravedad, la facultad de un planeta para atraer a los cuerpos situados en sus cercanías, se podía explicar por el peso de la materia vorticial que estaba por encima de él.

François Marie Arouet de Voltaire (1694-1778) es un representante del contraste entre la idea que se tenía de la gravitación en Inglaterra y en Francia. Vivió exiliado en Inglaterra por motivos políticos entre 1725 y 1728 y fue uno de los primeros franceses en defender las ideas de Newton. En sus *Lettres philosophiques, ou Lettres anglaises* (*Cartas filosóficas o cartas inglesas*, 1734) se centró en la cuestión de la introducción de las teorías y conceptos newtonianos.

Así, en la «Carta decimocuarta: Sobre Descartes y Newton», escribió:

> Un francés que llega a Londres encuentra las cosas muy cambiadas tanto en filosofía como en todo lo demás. Ha dejado el mundo lleno [referencia al *plenum* cartesiano], aquí lo encuentra vacío [las acciones a distancia newtonianas]. En París se considera al universo compuesto de materia sutil [la que nutría los vórtices de Descartes], en Londres no hay nada de esto. Entre nosotros, es la presión de la Luna la causa del flujo del mar; entre los ingleses, es el mar quien gravita hacia la Luna, de manera que, cuando creeríais que la Luna debería daros marea alta, estos señores creen que debe dar marea baja; lo que desgraciadamente no puede verificarse pues hubiera sido preciso, para aclararse, examinar la Luna y las mareas desde el primer momento de la creación.

Aparte de detalles, como el que la primera traducción de los *Principia* al francés no fue publicada hasta 1759 (la realizó la marquesa Émilie de Châtelet) y que a los científicos franceses y, en general, europeos les era difícil encontrar ejemplares de la primera edición inglesa (el problema se alivió al aparecer la segunda edición), un valioso indicador de la persistencia de las ideas cartesianas en Francia lo proporcionan los premios que periódicamente otorgaba la Académie Royale des Sciences de París a temas que ella misma había planteado.

En 1728, donde el tema seleccionado fue la causa de la gravedad, George Bernard Bulffinger recibió un premio de la Académie por un ensayo titulado *De causa gravitatis physica generali disquisitio experimentalis*, que, además de tratar de la causa de la gravedad, constituía una defensa de la teoría cartesiana del movimiento de los planetas frente a los ataques de Newton. En 1730, el tema seleccionado fue

la causa de la geometría elíptica de las órbitas planetarias. Johann Bernoulli lo ganó con un ensayo titulado *Nouvelles pensées sur le système de M. Descartes* (*Nuevos pensamientos sobre el sistema de Descartes*), en el que utilizaba la dinámica de los vórtices para deducir las trayectorias elípticas y «responder a las fuertes objeciones que se han suscitado en Inglaterra como armas invencibles en contra de los vórtices».

Para el premio de 1732, la Académie propuso el problema de la causa física de las inclinaciones de las órbitas planetarias con respecto al plano definido por el ecuador solar. Para los newtonianos, el problema era explicar por qué las órbitas estaban concentradas en una estrecha franja, en lugar de estar distribuidas con una inclinación aleatoria (la hipótesis nebular de Laplace, que se considera como la primera solución newtoniana a este problema, se publicó en 1796). Por el contrario, en el modelo de Descartes estaba claro que, cualesquiera que fuesen las posiciones de entrada de los planetas al vórtice solar, con el tiempo la materia en circulación dirigiría los planetas hacia el plano del ecuador del vórtice; por tanto, el problema era explicar por qué las órbitas de los planetas estaban inclinadas (con ángulos pequeños) con respecto a ese plano y por qué los cometas parecían no verse afectados por el movimiento del vórtice.

Ninguno de los trabajos presentados fue considerado digno de recibir el premio, por lo que se propuso de nuevo el mismo tema para un premio doble en 1734. En esa ocasión, el premio se dividió entre Johann Bernoulli y su hijo Daniel Bernoulli, y se otorgó una mención honorífica a otros tres trabajos presentados. De estos tres, sólo uno, el de Jean Baptiste Duclos, era decididamente cartesiano,

mientras que el de Pierre Bouger adoptaba la forma de un diálogo a la manera del de Galileo, con tres personajes ficticios: Ariste, un fiel seguidor de Descartes; Eugene, una cartesiano liberal, no dogmático, y Théodore, un newtoniano. Finalmente, prevalecieron las ideas de Eugene, que de alguna manera navegaba entre dos aguas, las cartesianas y las newtonianas.

Algo parecido, intentar reconciliar las ideas de Descartes y Newton, era lo que pretendían en sus memorias galardonadas Johann y Daniel Bernoulli, aunque, en realidad, lo que en general hacían era utilizar la fraseología y algunos conceptos cartesianos, pero dotándolos de sentido operativo newtoniano. Así, aunque Johann mantenía el éter cartesiano, éste terminaba disolviéndose en buena medida, lo que provocó la reacción de Jacques Cassini, quien en 1735 publicó un artículo en el que defendía el éter denso de Descartes («De la révolution du soleil et des planètes autor de leur axe»). Pero para entonces, y aunque algunos no se diesen todavía cuenta, el declive cartesiano ya era imparable, ayudado por desarrollos tan importantes como la publicación en 1732 del *Discours sur les différentes figures des astres avec une exposition des systèmes de MM. Descartes et Newton*, de Pierre Louis Maupertuis, el primer francés que, según D'Alembert, tuvo el coraje de declararse abiertamente newtoniano. Aun así, Maupertuis se daba cuenta de que cualquier trabajo que defendiese las fuerzas (a distancia) a través de un vacío irritaría a algunos de sus colegas más veteranos, especialmente si se presentaba en términos matemáticos avanzados. Preocupado por no perjudicar sus posibilidades de ser admitido en la Académie como *pensionnaire géomètre*

(lo consiguió en julio de aquel mismo año), o tan sólo buscando un lugar más receptivo, decidió enviar un trabajo claramente newtoniano que había completado a la Royal Society londinense (apareció en 1732 en las *Philosophical Transactions* con el título de «De Figuris quas fluida rotata induere possunt problemata duo»). El 11 de julio escribía al respecto a Johann Bernoulli: «La doctrina en la que me baso aquí es algo odiosa en este país, en el que pensé al principio darla a conocer». Había preparado una «justificación [*apologie*]» para la atracción para su audiencia parisina, pero decidió suprimirla, al menos por el momento. «No tuve el coraje de presentarla en un país en el que parece que no piensan de manera suficientemente profunda y donde no hacen justicia al sistema de M. Newton.»

Entenderemos mejor la renuencia de Maupertuis si tenemos en cuenta que no mucho antes, en 1728, el secretario perpetuo de la Académie des Sciences, Bernard Le Bovier de Fontenelle, manifestaba («Sur les mouvements en tourbillon», en *Histoire de l'Académie Royale des Sciences. Anné 1728*): «El sistema general de Descartes merece que no solamente la nación francesa, sino toda la nación de los filósofos, esté dispuesta favorablemente a conservarlo. Sus principios son más claros, y llevan consigo más luz».

Bernoulli, por cierto, no objetó la decisión de Maupertuis, aunque le mostró su preocupación en una carta del 26 de junio: «No sé si agradará de hecho más a sus compatriotas publicando su trabajo sobre la atracción en Inglaterra, que si la hubiese publicado en París, ya que ¿no teme ser considerado como un desertor, al ir a defender a otra parte una opinión que se tiene en su patria como física herética?».

Animado por la favorable opinión de Bernoulli sobre el contenido de su artículo, y ya *pensionnaire* de la Académie, Maupertuis decidió presentar a sus compatriotas sus ideas favorables a Newton. Así nació el ya citado *Discours sur les différentes figures des astres avec une exposition des systèmes de MM. Descartes et Newton*.

De todas maneras, lo que convenció a la mayoría de los científicos de que el sistema de Newton era mejor que el de Descartes fueron las sucesivas aplicaciones de la teoría newtoniana, que científicos como Maupertuis y Alexis-Claude Clairaut realizaron en las décadas de 1740 y 1750, a problemas del tipo de cuál era la verdadera figura de la Tierra, el retorno del cometa Halley, el movimiento de la Luna y las trayectorias de las órbitas de Júpiter y Saturno.

La cuestión de la figura de la Tierra era importante, ya que los cartesianos defendían que se trataba de un esferoide oblongo alargado en los polos y achatado en el ecuador, mientras que, según la física de Newton, el achatamiento afectaba a los polos y el diámetro era mayor en el ecuador. Para resolverla, la Académie des Sciences organizó dos expediciones, una a Laponia y otra a Quito. Se trataba de medir la longitud de un grado de meridiano en latitudes altas y compararla con las mediciones hechas en el ecuador. La expedición a Laponia (1736-1737) estuvo encabezada por Maupertuis, y en ella también participó Clairaut, mientras que la que viajó a América (que estuvo realizando sus trabajos desde 1736 hasta 1743) estuvo dirigida, en lo que a observaciones y mediciones geodésicas se refiere, por Charles-Marie de La Condamine, que contó con la ayuda de, entre otros, los españoles Jorge Juan y

Antonio de Ulloa, designados por el Consejo de Indias. Finalmente, se comprobó que la Tierra está achatada por los polos, como exige la física newtoniana.

Muestra del declive cartesiano es el premio correspondiente a 1740, dedicado a la cuestión de las mareas. Se dividió entre cuatro competidores, tres de los cuales (Maclaurin, Euler y Daniel Bernoulli, ya definitivamente convertido al newtonianismo) se basaban en el sistema de Newton, mientras que el cuarto, Antoine Cavalleri, un jesuita profesor de matemáticas, daba una justificación cartesiana de los resultados obtenidos con la física de Newton, aunque no aportaba nada nuevo. Y así, según nos aproximamos a la mitad del siglo XVIII, es más difícil encontrar tratados cartesianos de alguna relevancia.

Como acabamos de ver, la introducción y desarrollo de la física newtoniana —mecánica, teoría de la gravitación y también óptica— en el continente europeo fue un proceso complicado, durante el cual, en ocasiones, las ideas newtonianas y cartesianas se combinaron en una dudosa mezcla. Leonhard Euler (1707-1783) ejemplifica de una forma magnífica este hecho.

Y es que Euler fue una figura capital en la configuración de la mecánica newtoniana. En su *Ensayos de historia de la mecánica*, Clifford Truesdell, el gran especialista en Euler, escribió:

> El enfoque newtoniano ha guiado la evolución de la mecánica hasta su forma actual, [...] hicieron falta los trabajos de Euler para aclarar y extender los conceptos newtonianos, para completarlos con ideas igualmente importantes, y para enseñar cómo se debían atacar. [...] La primera parte del programa de Euler, su *Mecánica* [*Mechanica sive motus scientia analytice*] apareció en 1736, cuando tenía veintinueve años. Es el primer

tratado de mecánica *analítica* propiamente dicha, en el cual todos los problemas se plantean y resuelven mediante procesos puramente matemáticos. Tanto durante este período como a lo largo del resto de su vida, Euler siguió los pasos de Newton al considerar a la fuerza como un concepto básico, en el mismo sentido con que se utiliza en estática. Su *Mecánica* precisó los principios mediante tres conceptos. En primer lugar, así como Newton había utilizado la palabra *cuerpo* de manera vaga y con tres sentidos distintos por lo menos, Euler observó que los enunciados newtonianos son en general correctos sólo cuando se aplican a masas concentradas en puntos aislados; él fue quien introdujo el concepto preciso de *masa puntual*, y suyo es el primer tratado único y exclusivamente dedicado a este concepto. En segundo lugar, fue el primero en estudiar explícitamente la *aceleración* como una magnitud cinemática definida en el movimiento sobre una curva cualquiera. En tercer lugar, emplea el concepto de *vector* o *magnitud geométrica*, una magnitud dirigida que se aplica no sólo a la fuerza estática, aplicación ya bien conocida, sino también a la velocidad, la aceleración y otras muchas magnitudes.



Leonhard Euler.
© *New York Public Library/Album/Science Source*

Fue también Euler quien escribió por primera vez, en 1750, la segunda ley del movimiento newtoniano en la forma en que la conocemos: $F = m \cdot d^2x/dt^2$ (no es extraño que Newton no la escribiese así, ya que es una presentación acorde con la formulación de Leibniz del cálculo diferencial, que no fue la de Newton). Asimismo, se deben a Euler conceptos como los «ángulos de Euler», que forman parte destacada del estudio del sólido rígido (entre 1758 y 1760 revisó toda la teoría de los cuerpos rígidos, que presentó en *Theoria motus corporum solidorum* [1765]).

Pero ¿podemos considerar a Euler como a un newtoniano, o fue, como tantos otros de su tiempo, un cartesiano, al menos desde el punto de vista metafísico? Más concretamente, la pregunta que interesa es la de si Euler creyó en la teoría de Descartes, esto es, en la idea de que el universo está formado por un conjunto continuo de vórtices bajo cuya influencia se mueven los objetos (como los planetas) que se encuentran en él.

Alguno se preguntará acerca del sentido de semejante pregunta. ¿No acabamos de mencionar que Euler contribuyó de manera sobresaliente al desarrollo de la mecánica newtoniana? ¿Es posible hacer avanzar un edificio científico determinado si no se comparten plenamente sus tesis fundamentales; en el caso que nos ocupa, la creencia newtoniana en un espacio vacío en el que se transmiten fuerzas a distancia instantáneas? Pues bien, al menos aquí, no es demasiado difícil comprender que pudo darse tal situación. Una cosa es aceptar y utilizar la idea

newtoniana de que la fuerza es un concepto *a priori*, y otra no cuestionarse su naturaleza, como de hecho hizo el propio Newton en la citada carta que envió el 25 de febrero de 1693 a Richard Bentley.

Más de medio siglo después de la publicación de los *Principia*, D'Alembert, al exponer su opinión de que lo que llamamos *fuerza* es tan sólo una manifestación del movimiento, describía las fuerzas newtonianas como «entes oscuros y metafísicos, únicamente capaces de extender las tinieblas sobre una ciencia de por sí clara». Gracias sobre todo a los numerosos ejemplos trabajados y resueltos por cartesianos como Daniel Bernoulli y Euler, poco a poco llegó a aceptarse que considerar las fuerzas como magnitudes dadas *a priori* era fructífero. (Por cierto, no es casualidad que Bernoulli formulase su célebre teorema de hidrodinámica, ya que no sorprende que un cartesiano se interesase por la física de los medios continuos, puesto que, al fin y al cabo, los vórtices no son otra cosa que un medio continuo.)

Pero vayamos a lo que sabemos de los pensamientos de Euler acerca de estas cuestiones.

En el otoño de 1723, Euler obtuvo el título de *magister*, que correspondía al final de los estudios en la Facultad de Filosofía de la Universidad de Basilea, en la que se había matriculado en octubre de 1720. Uno de los requisitos que tuvo que cumplir fue pronunciar una conferencia pública (en latín). Sabemos que en ella comparó los sistemas de filosofía natural de Descartes y de Newton, pero el texto de su exposición desgraciadamente no ha sobrevivido. Habría sido una pieza preciosa para intentar responder a preguntas como las que nos estamos haciendo. Por suerte, disponemos de otros elementos. Uno de ellos son su

Lettres à une Princesse d'Allemagne sur divers sujets de Physique et de Philosophie (*Cartas a una princesa de Alemania sobre diversos temas de física y filosofía*, 1768, 1772), pero, antes de examinar esta obra, será ilustrativo considerar un intercambio epistolar entre Clairaut y Euler en el que, ante los problemas que encontraba con las explicaciones newtonianas, éste defendió los vórtices cartesianos.

Poco después de la muerte de Newton, se encontró que las órbitas que se observaban en algunos planetas del sistema solar —en particular, las de Júpiter, Saturno y la Luna— no coincidían con los valores que se calculaban utilizando la teoría newtoniana. Uno de los que se enfrentó con este problema fue Clairaut, quien en 1743 preparó un trabajo sobre el caso de la Luna («De l'orbite de la lune dans le système de M. Newton», *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences*). Se trataba, sin embargo, de un problema complicado, lo que le llevó a considerar posibilidades como la de modificar la ley de la gravitación newtoniana. Y entre aquéllos con los que intercambió ideas y resultados estaba Euler. El 11 de septiembre de 1747, Clairaut escribía a Euler desde París, refiriéndose a dificultades que surgían no sólo en el caso de la Luna, sino también con los movimientos de Júpiter y Saturno:

> Estoy encantado de saber que piensa como yo en lo que respecta a la atracción newtoniana. Me parece demostrado que esta atracción no es suficiente para explicar los fenómenos, pero el carácter específico que usted da a la Luna no me parece tan sorprendente como el que yo he señalado. En lugar de ver cuál debe ser la distancia, yo he estudiado el movimiento del apogeo. Y al no encontrar más que la mitad de lo que se observa en la naturaleza, me ha parecido que esto proporciona la prueba más completa de la insuficiencia de la ley del [inverso del] cuadrado

> [de la distancia]. Como todavía no he terminado mi cálculo sobre Saturno, no sé aún qué opinar acerca de este punto: pienso que probablemente el funcionamiento general del sistema exige que la ley sea en toda la naturaleza como 1/dist2 más una pequeña función de la distancia que sea importante a distancias pequeñas, como la de la Luna, y casi nula para grandes alejamientos.

El 30 de septiembre de 1747, Euler contestaba a Clairaut desde Berlín con una carta en la que se comprueba que todavía, en esta fecha tan tardía, tenía dudas sobre la validez de las fuerzas newtonianas, considerando los vórtices cartesianos como una alternativa posible *y probable*:

> Que las fuerzas que actúan sobre la Luna no siguen exactamente la regla de Newton es algo sobre lo que puedo ofrecer varias pruebas y, en efecto, la que usted deduce del movimiento del apogeo es la más llamativa, y yo la he destacado mucho en mis investigaciones sobre la Luna, en las que he encontrado que, según la teoría newtoniana, el movimiento medio de la Luna debería ser de media al movimiento del apogeo como 10.000.000 a 41.046, mientras que las observaciones dan esta razón como 10.000.000 a 84.477, siendo el número 84.477 más del doble más grande que 41.046, como usted señala [...]. Esta circunstancia hace que me parezcan muy probables los remolinos [*tourbillons*, esto es, los vórtices cartesianos] o cualquier otra causa material de estas fuerzas, ya que es fácil de concebir que estas fuerzas deben verse alteradas cuando son transmitidas por algún otro remolino. Así, yo supongo que la fuerza del Sol sobre la Luna se ve alterada considerablemente en las oposiciones, porque es entonces cuando pasa por el remolino de la Tierra. Y, de la misma manera, creo que la fuerza del Sol sobre los planetas superiores se ve perturbada al pasar por las atmósferas o remolinos de los inferiores; y por la misma razón la fuerza de Júpiter sobre Saturno en las oposiciones se ve perturbada considerablemente. De esto se sigue fácilmente que los planetas superiores están sujetos a perturbaciones más grandes que los inferiores, incluso sin tener en cuenta su acción mutua; y esta explicación me parece más probable que la que usted supone; esto es, que la fuerzas son como 1/dist2 más una pequeña función de las distancias que sea importante a distancias pequeñas: ya que, aunque la Luna parezca

> confirmar esto, creo que el movimiento regular de Mercurio contradice esta explicación.

Clairaut, sin embargo, no era tan favorable a los vórtices como Euler, según se comprueba en la carta que escribió a éste desde París el 7 de diciembre (1747):

> Me parecería sorprendente si recurriese al auxilio de los remolinos para modificar la ley de Newton, pensando que su efecto no es otro que producir un movimiento del ápside. A propósito de los remolinos, o de las causas materiales, han caído en mis manos estos días, aquí, sus Opúsculos, en los que he visto varias partes muy curiosas, entre otras aquellas en las que trata del relajamiento de las órbitas producido por la resistencia del medio en el que se encuentran los planetas. Demuestra usted por ejemplo que [los remolinos] no producen ningún movimiento de los ápsides, lo que perfectamente podría reducir la esperanza de que el movimiento del ápside, que es preciso añadir al que debe tener la Luna debido a la sola ley del cuadrado, podría ser atribuida a los remolinos.

Pero no es necesario continuar con más detalles; únicamente mencionaré que Euler continuó teniendo dudas sobre la validez de la ley newtoniana del inverso del cuadrado de la distancia. Así, en la memoria que presentó al premio de 1748, después de afirmar que «me parece que la gravedad de la Luna hacia la Tierra es un poco menor que [la que deduce que] según la razón inversa del cuadrado de la distancia», añadía: «Me parece que la proporción newtoniana según el cuadrado de las distancias no es verdadera para las fuerzas de los cuerpos celestes más que a distancias pequeñas, y que se aleja de la verdad cuando las distancias son grandes».

Las inclinaciones de Euler, que se acaban de

exponer, a favor de los vórtices cartesianos procedían de cuestiones técnicas, de problemas concretos que surgían al tratar de explicar hechos de la mecánica celeste con base en la física newtoniana. Pero Euler también expresó sus opiniones sobre el continuo vorticial cartesiano en el ya citado *Lettres à une Princesse d'Allemagne sur divers sujets de Physique et de Philosophie*, donde se recogen las cartas que envió a la sobrina de Federico el Grande, la princesa de Anhalt-Dessau, que deseaba ser instruida por el gran matemático. En esa obra epistolar, un clásico de la literatura científica (fue traducido al menos a ocho idiomas), Euler abordó en varias ocasiones cuestiones relativas a esa problemática. Así, en la carta LIV, fechada el 7 de septiembre de 1760, escribía:

> Se ha establecido con los razonamientos más sólidos que reina una gravitación general en todos los cuerpos celestes, mediante la cual son impulsados o atraídos unos hacia los otros; y que esta fuerza es tanto más grande cuanto más próximos se encuentren. Este hecho no puede ser negado, pero se discute si hay que llamarlo *impulsión* o *atracción*. Un nombre no cambia una cosa; V. A. sabe que el efecto de empujar un carro por detrás o tirar de él desde delante es el mismo; de la misma manera, al astrónomo atento únicamente al efecto de esta fuerza, le molesta poco si los cuerpos celestes son empujados los unos hacia los otros, o si se atraen mutuamente, lo mismo que aquel que no examina más que los fenómenos no se preocupa de si es la tierra la que atrae a los cuerpos o si los cuerpos son empujados por alguna causa invisible. Pero si se trata de penetrar en los misterios de la naturaleza, es muy importante saber si es por impulsión o por atracción que los cuerpos celestes actúan los unos sobre los otros; si es alguna materia sutil e invisible la que actúa sobre los cuerpos impulsándolos unos sobre los otros, o si están dotados de una cualidad escondida y oculta gracias a la cual se atraen mutuamente.
>
> Los filósofos se dividen en dos grupos: los que son partidarios de la impulsión, llamados *impulsionarios* [*impulsionnaires*], y los seguidores de la atracción, *atraccionistas* [*attractionistes*]. Newton

> se inclinó mucho por la atracción, y todos los ingleses son hoy celosos atraccionistas. Están de acuerdo en que no existen ni cuerdas, ni ninguna máquina de las que se emplean habitualmente para tirar, de las que la Tierra se pudiese servir para atraer los cuerpos a ella, dándoles peso; todavía menos descubren alguna cosa entre el Sol y la Tierra, de la que se pueda augurar que el Sol se sirve para atraer a la Tierra. Si se viese un carro seguido de caballos, sin que estuviesen unidos, y sin que se viese ninguna cuerda u otra cosa propia para que se mantuviese alguna comunicación entre el carro y los caballos, nadie diría que el carro es tirado por los caballos, ni tampoco se creería que es empujado por una fuerza invisible, o que se produce algún sortilegio. No obstante, los ingleses no abandonan sus ideas. Sostienen que la cualidad de atraerse mutuamente es propia de todos los cuerpos, siendo natural y extendida, y que basta con que el creador haya querido que todos los cuerpos se atraigan mutuamente para que la cuestión quede resuelta.

En la carta del 18 de octubre (1760), Euler volvió al tema. Es interesante ver lo que escribió entonces:

> Como es seguro que dos cuerpos cualesquiera se traen uno hacia el otro, nos preguntamos cuál es la causa de su querencia mutua; y los sentimientos se encuentran divididos. Los filósofos ingleses sostienen que la capacidad de todos los cuerpos de atraerse mutuamente es una propiedad esencial, una inclinación natural y recíproca. […] Otros filósofos consideran esta idea absurda, y contraria a los principios de una filosofía razonable. No niegan el hecho; están de acuerdo en que existen fuerzas que empujan a los cuerpos unos hacia los otros, pero sostienen que éstas se hallan fuera de los cuerpos, y que se encuentran en el éter, o en esa materia sutil que rodea a todos los cuerpos, como vemos en un cuerpo inmerso en un fluido, que puede recibir varios impulsos que lo ponen en movimiento.

El efecto de ambos mecanismos era el mismo —los cuerpos se «traen» uno hacia otro, efectivamente—, y, como señalaba Euler, se puede «dejar a los indecisos» decidir «si las fuerzas que actúan sobre los cuerpos residen en ellos o fuera de ellos. Siguiendo

esta manera de hablar, cada grupo estaría contento». Podría parecer que Euler era aquí un perfecto, como diríamos hoy, operacionalista y convencionalista, es decir, que pensaba que lo importarte era explicar los hechos, no importa cómo. Posiblemente ésta era su posición como científico, pero como autor de las *Lettres à une Princesse d'Allemagne* fue más un filósofo natural que un científico. Si seguimos con la carta que estoy citando, pronto vemos que Euler advertía a su ilustre corresponsal que la postura de Newton y de sus seguidores implica «recurrir a la Todo Poderosa divinidad», a «sostener que Dios ha dotado a todos los cuerpos de una fuerza capaz de que se atraigan mutuamente». Escribía lo siguiente:

> Supongamos que antes de la creación del mundo Dios no hubiese creado más que dos cuerpos alejados uno del otro, y que no existiese nada fuera de ellos dos, y que estuviesen en reposo. ¿Sería posible que uno se aproximase al otro, o que tuviesen la inclinación de aproximarse? ¿Cómo sentiría uno al otro en su alejamiento? ¿Cómo podría tener el deseo de acercarse a él? Son estas ideas las que nos inquietan, pero si uno supone que el espacio entre los cuerpos está lleno de una materia sutil, entonces comprende inmediatamente que esta materia pueda actuar sobre los cuerpos empujándoles: el efecto sería el mismo que si se atrajeran mutuamente. Como sabemos que todo el espacio entre los cuerpos celestes está lleno de una materia sutil a la que llamamos éter, parece más razonable atribuir la atracción mutua entre los cuerpos a una acción que ejerce el éter, aunque no conozcamos la manera en que lo hace, en lugar de recurrir a una cualidad ininteligible.

Como vemos, filosóficamente y desde el punto de vista ontológico, Euler era partidario del continuo, aunque todo parece indicar que no tenía por qué ser del tipo que había propuesto Descartes. Lo que sucede es que este tipo, los vórtices cartesianos, era una

propuesta concreta, con una historia y unos partidarios detrás.

La contribución muy destacada de Euler al desarrollo de la física newtoniana, aunque se inclinaba a favor de conceptos y modelos cartesianos, en principio incompatibles con el sistema de Newton, nos muestra que la dinámica del avance científico dista de ser lineal. Es posible, como ilustra el ejemplo de Euler, que un científico (o grupo de científicos) desarrolle un sistema científico a través de, como diría el filósofo de la ciencia Imre Lakatos, un diálogo, o interacción, entre programas de investigación diferentes (como fueron el newtoniano y el cartesiano). En esa interacción, el programa a la postre triunfante se beneficia de diversas maneras del que al final, aunque no siempre, la física termina arrinconando.

LAPLACE, LA REVOLUCIÓN Y NAPOLEÓN*

Pierre Simon de Laplace (1749-1827) fue uno de los grandes científicos de la Ilustración y de inicios del siglo XIX. Sus contribuciones más notables a la ciencia las realizó en los campos de la mecánica celeste y la teoría de las probabilidades, pero también fueron numerosas en otros ámbitos de la física y la matemática. En su monumental *Traité de Mécanique céleste* (1799-1825), formado por cinco tomos, desarrolló y consolidó la mecánica que Isaac Newton había presentado en *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (1687), y también el análisis matemático.

Dadas sus aportaciones fundamentales a la ciencia, su biografía sirve también para ilustrar los complicados tiempos en que vivió y que pudo superar con notable éxito (recibió algunos de los mejores honores que Francia podía otorgar a un científico: miembro de la Académie Royale des Sciences desde 1773 y de la Académie Française desde 1816).

Laplace en los tiempos de la Revolución

Entre los acontecimientos que no pueden faltar en ninguna historia universal, destaca la Revolución Francesa. De ella sabemos muchas cosas, especialmente las de orden político y social, y, en lo que se refiere a los científicos galos, un suceso imposible de pasar por alto es el de la muerte de Lavoisier, víctima de la guillotina. Pero ¿cómo afectó la época revolucionaria a la vida y los trabajos de otros científicos franceses? En el caso de Laplace, su extensa correspondencia muestra que pudo continuar sus investigaciones y seguir ocupando puestos docentes. La relación que había mantenido con Lavoisier, con quien había publicado un importante

trabajo sobre el calor en las *Memoires de l'Académie des Sciences* de 1780, no le pasó factura. Esta relación fue particularmente satisfactoria para Laplace, como revela una carta que dirigió al gran químico el 7 de marzo de 1782. Dicha carta nos permite, además, entender no sólo cuáles eran los verdaderos intereses científicos de Laplace (al menos por entonces), sino también la relación que Lavoisier mantuvo con la física y, subsidiariamente, la que mantuvo la química con esa disciplina:



Pierre-Simon Laplace.

> Permítame hacerle algunas observaciones sobre el compromiso que he tomado de realizar junto a usted una serie de experimentos e investigaciones sobre la dilatación, el calor y la electricidad de los cuerpos. Empiezo por agradecerle esta

> asociación, que no puede más que adular mi amor propio, y que es muy ventajosa desde todos los puntos de vista para mi reputación. […] Le aseguro que, si alguna cosa puede dirigirme hacia la física, eso será el trabajar a su lado. Pero debo advertirle que mi gusto me dirige hacia la geometría, y que este gusto, junto a una pereza que me es natural, me deja demasiada poca libertad de espíritu para ocuparme de otras cosas.
>
> Hasta ahora he cultivado la física para mi distracción y sin pretensiones. He leído muy pocas obras sobre esta ciencia, y lo poco que sé de ella lo he recogido principalmente de sus conversaciones, y de las de algunos otros excelentes físicos. Pero para escribir sobre estos temas, me sería necesario estudiar y compulsar todas las obras de física y de química, que han aparecido en gran número, sobre todo en los últimos tiempos, y usted sabe que no siempre se han escrito con toda la concisión que se podría desear, y a menudo se encuentran pocas verdades en esos gruesos volúmenes. Así que no me siento ni con el coraje, ni con la voluntad para emprender una lectura tan prodigiosa que, por otra parte, me distraería de mis trabajos geométricos y de algunas obras que desearía publicar sobre el análisis.

El deseo de Laplace de vivir en otra situación política, más pacífica, ante lo que estaba sucediendo en Francia se trasluce en otras cartas, como la que dirigió el 5 de julio de 1790 al geólogo y meteorólogo suizo Jean-André Deluc, que era miembro correspondiente de la Académie des Sciences, y en la que también incluía detalles científicos interesantes:

> En Francia, todos los espíritus, todos los pensamientos se dirigen actualmente hacia los asuntos públicos. Veo con dolor que las ciencias sufren con esta distracción. No digo nada sobre los grandes cambios que se operan en nuestra Constitución; tenemos una gran experiencia y el futuro nos dirá si nuestros legisladores han estado acertados. Sea lo que sea, le felicito por vivir bajo un Gobierno que ha adquirido desde hace tiempo una gran consistencia, y que me parece ser una de las bellas combinaciones del espíritu humano. Fue aproximadamente en la misma época, hacia finales del último siglo, cuando los ingleses establecieron los verdaderos fundamentos del sistema del mundo y del sistema social. Nosotros hemos combatido el primer sistema en Francia y hemos terminado por aceptarlo. Acaso ocurrirá también lo mismo con su sistema social.

En lo relativo al «sistema del mundo», se refería a

la mecánica y la teoría de la gravitación universal que Newton había establecido, y que, como ya se ha mostrado en otro capítulo, encontró una gran resistencia en Francia, donde dominaba la cosmología ideada por René Descartes, basada en la existencia de un *plenum* (vórtices), un universo en el que el vacío de las acciones a distancia newtonianas no tenía cabida.

Napoleón

La revolución que se inició el 14 de julio de 1789 fue un proceso complicado, en el que se distinguen varios momentos. Conviene recordar que la Convención (iniciada el 28 de julio de 1794, con la caída de Robespierre) se disolvió a sí misma el 26 de octubre de 1795, cuando entró en vigor una nueva Constitución. A partir de entonces Francia fue gobernada por un Directorio compuesto de cinco miembros, que se mantuvo hasta noviembre de 1799, cuando lo abolió el golpe de Estado del 18 de brumario (9 de noviembre) que instauró el Consulado. Esto en, digamos, lo «institucional», pero las instituciones las crean, destruyen o controlan las personas, y, en el caso de la Francia de finales del siglo XVIII, la persona principal de esta última etapa fue Napoleón Bonaparte (1769-1821). Cuando se repasa la carrera militar y política de Bonaparte se observa que, aunque ésta ya estaba en marcha, hubo un momento decisivo en marzo de 1796, cuando fue nombrado comandante del Ejército francés en Italia, al mando de 50.000 hombres. Allí, sus victorias se sucedieron con rapidez. Tras derrotar a los austríacos, firmar con sus representantes un tratado preliminar de paz en abril de 1796 y establecer la República Cisalpina, Bonaparte regresó a París el 5 de diciembre de 1797, donde se encontró con la adulación y con la sospecha,

si no con el temor, hacia él por parte de los cinco miembros del Directorio. Dominada Italia, sólo Gran Bretaña estaba en guerra con Francia, y el Directorio nombró a Napoleón comandante del Ejército para arrebatar Egipto a los ingleses.



Napoleón Bonaparte.
© *Palace of Versailles/Album*

Aunque la campaña de Egipto —en ella participaron, al igual que en la de Italia, numerosos científicos franceses— no fue tan exitosa como la de Italia, el regreso de Bonaparte a Francia fue triunfal y constituyó el primer paso hacia el poder absoluto que

llegó a alcanzar. Una vez consumado el golpe de Estado del 18 de brumario de 1799, pocas semanas después se aprobaba, mediante un referéndum, una nueva Constitución que daba a Napoleón un poder casi ilimitado durante diez años. Fue nombrado uno de los tres cónsules, con autoridad para designar a los ministros y al Consejo de Estado, que él mismo presidía. En 1802, se convirtió en primer cónsul perpetuo y, en 1804, en emperador.

Napoleón y Laplace

Napoleón es uno de los mejores ejemplos de gobernante que amó la ciencia. En este sentido, son representativas unas manifestaciones que consignó el naturalista Étienne Geoffroy Saint-Hilaire, quien formó parte de la expedición a Egipto que comandó el militar corso: «Aquí estoy —declaró el general—, conquistando Egipto como hizo Alejandro; sin embargo, me habría gustado más seguir los pasos de Newton».

No fue un científico, está claro; aun así, y debido a sus éxitos militares en la campaña de Italia, el 25 de diciembre de 1797 fue elegido miembro de la Sección de Mecánica de la Primera Clase («Ciencias físicas y matemáticas») del Instituto Nacional de Ciencias y Artes en sustitución del ingeniero y político Lazare-Nicolas-Marguerite Carnot, expulsado por el Directorio. El día siguiente de ser elegido, Napoleón aceptaba su cargo con las siguientes hermosas palabras: «Las verdaderas conquistas, las únicas que no producen ningún pesar, son las que se realizan sobre la ignorancia. La ocupación más honorable al igual que la más útil para las naciones es la de contribuir a la difusión de las ideas humanas. El verdadero poder de la República francesa debe

consistir en no permitir que exista una sola idea nueva que no le pertenezca».

En las sesiones del Instituto se sentaba al lado de Laplace y del matemático Sylvestre François Lacroix. No obstante, la relación de Napoleón con Laplace databa de antes, de cuando en octubre de 1784 se incorporó como alumno a la Escuela Militar Superior de París, donde, por cierto, sobresalió en matemáticas. Laplace, que formaba parte del claustro de la Escuela, le examinó en la prueba final (24 de febrero de 1785).

Una vez Napoleón en el poder, el ascenso de Laplace fue meteórico. Primero Bonaparte lo nombró ministro del Interior el 9 de noviembre de 1799. Aquel puesto tenía facultades relacionadas con la ciencia; así, el 13 de noviembre, el matemático Gaspard Monge le escribía en su calidad de director de la École Polytechnique, el centro de enseñanza superior más prestigioso de Francia:

> Ciudadano ministro:
>
> Tengo el honor de informarle que el ciudadano Lagrange ha presentado su dimisión como instructor. Su mala salud parece ser el único motivo que le ha llevado a esta marcha, dolorosa bajo todos los puntos de vista para el Consejo de la Escuela.
>
> El Consejo cree que tiene que proponerle, siguiendo los deseos del ciudadano Lagrange, que realice la designación para una tercera plaza de instructor de análisis, cuyas funciones son regulares y diarias. El ciudadano Lacroix, miembro del Instituto, ha reunido la unanimidad de votos en la sesión del Consejo de la Escuela, de la que le pasaré el acta.
>
> En nombre de todos los miembros del Consejo, y en el mío, le invito, ciudadano ministro, a que confirme el nombramiento del ciudadano Lacroix por la Comisión Consular.
>
> El Consejo desea que el nombramiento que ha hecho esté de acuerdo con sus opiniones y el interés que usted tiene por el éxito de la Escuela Politécnica.

Lacroix fue elegido, y Laplace se lo comunicaba el 18 de noviembre, expresándole sus deseos de que «este nombramiento, en el que ha reunido los votos

del Consejo de la Escuela y los de los cónsules de la República, os parezca digna recompensa a vuestros talentos y los servicios que ha prestado constantemente a la instrucción pública».

La influencia de Laplace en el Gobierno de la República se manifestó incluso en detalles como el que contenía la carta que Napoleón le envió el 23 de diciembre de 1799:

> Los cónsules de la República me encargan, ciudadano, que le invite a preparar un trabajo sobre las fiestas nacionales. Desean sobre todo que usted examine cuáles son las fiestas que se relacionan con sucesos sobre los que la opinión de los ciudadanos está dividida, y que, mediante el resultado de ese examen, haga usted saber las que, pertenecientes a épocas para las que los votos fueron unánimes, le parezcan que deben ser consagradas.

Sin embargo, al día siguiente de este comunicado, Napoleón informaba a su antiguo profesor que dejaba de ser ministro:

> Los servicios para los que está llamado a servir a la República, ciudadano, en las eminentes funciones que le son conferidas, disminuyen mi pesar al veros alejado de un Ministerio para el que concilió todos los votos. Tengo el honor de informarle que he escogido al ciudadano Lucien Bonaparte como vuestro sucesor.

Aquel cese no significó que Laplace perdiese importancia. Después de ministro, fue miembro del Senado y canciller de esta institución a partir de 1802. Y en 1808 dio un nuevo salto, accediendo a la nobleza imperial como conde del imperio; además, recibió múltiples honores que hicieron de él un hombre muy influyente en la «nueva Francia». Y continuó relacionándose con Napoleón, a veces recomendando a otros colegas científicos, como la ocasión —una extensa carta sin datar que le envió en 1800 o 1801— en la que le transmitía que el químico Guyton de Morveau se quejaba de que no había recibido respuesta a su «informe al ministro del Interior sobre los medios de desinfectar el aire».

Para finalizar recordaré una anécdota famosa. Parece ser que Napoleón preguntó a Laplace el motivo por el que en su gran *Traité de mécanique céleste* no aparecía la noción de Dios. «Sire, es una hipótesis de la que no tengo necesidad», dicen que le contestó. No creo que a Bonaparte le molestase la opinión de Laplace. Es posible, incluso, que comprendiese bien que un científico pensase de tal forma. Llegaría, no obstante, el momento en que Napoleón no mostró la misma comprensión. Si tenemos en cuenta que los primeros tomos del *Traité de mécanique céleste* aparecieron en 1799, es de suponer que la pregunta de Napoleón y la respuesta de Laplace se produjeron por entonces. Pero las responsabilidades políticas de Bonaparte no hicieron sino crecer desde entonces, culminando en 1804 cuando fue proclamado emperador. Y desde las alturas que proporciona un trono, no se contemplan necesariamente con la misma benevolencia las manifestaciones de un científico que pueden ser interpretadas como defensa del ateísmo. El ya emperador vio que algunos científicos no se recataban en este punto. Entre ellos estaba uno de sus enemigos, Joseph Jérôme Lalande, profesor del Collège de France desde 1760 y autor de un voluminoso *Traité d'astronomie*, editado por primera vez en 1764, de nuevo en 1771 y revisado en 1792; todavía en 1800, constituía la base obligada para los estudios de los futuros astrónomos. El político, el emperador, no podía permitir tal comportamiento; la ciencia era una cosa, pero la política otra muy diferente, un territorio en el que no convenía molestar demasiado a quienes profesaban confesiones religiosas. Y el 13 de diciembre de 1805, Napoleón escribía a su ministro del Interior, Jean-Baptiste

Nompère de Champagny, lo siguiente:

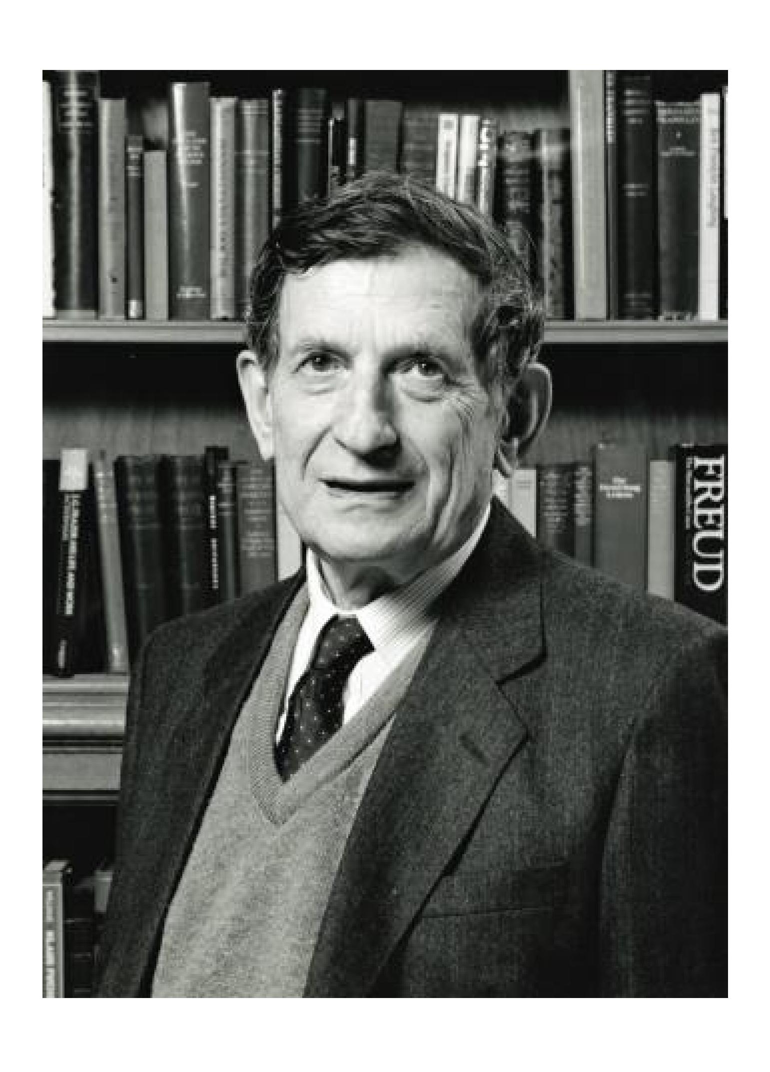
> Es con un sentimiento de dolor que me entero de que un miembro del Instituto, célebre por sus conocimientos, pero que ha vuelto hoy a la infancia, no tiene la suficiente sabiduría para callarse y busca que se hable de él, tanto por manifestaciones indignas de su antigua reputación y del cuerpo al que pertenece como por profesar el ateísmo, principio destructor de toda organización social, que quita al hombre todos sus consuelos y todas sus esperanzas. Mi intención es que llame usted al presidente y al secretario del Instituto, para que se encargue de hacer saber a este ilustre cuerpo, del que tengo honor de formar parte, que debe ordenar a Lalande [...] que no publique nada más, y no oscurezca en sus años postreros lo que hizo en sus días más vigorosos para obtener la estima de los sabios; y si estas invitaciones fraternales no fuesen suficientes, me vería obligado a recordarme que mi primer deber es impedir que se envenene la moral de mi pueblo. Porque el ateísmo es destructor de toda moral, si no en los individuos, al menos en las naciones.

En la confrontación entre las necesidades políticas y los argumentos científicos, una de las manifestaciones de la relación entre poder y ciencia, venció en este caso, como en muchos otros, la política.

11
OTRAS MIRADAS A LA CUESTIÓN DE DIOS Y LA CREACIÓN DEL UNIVERSO*

La cuestión de las relaciones entre ciencia y religión, que ha aflorado no sólo a propósito de Newton —antes ya lo había hecho cuando traté de Oldenburg y Spinoza—, tiene una larga, casi sempiterna, historia. Mi opinión es que ciencia y religión, las religiones basadas en la idea de un Dios creador, son en el fondo incompatibles, pues una, la ciencia, se fundamenta en la observación, la elaboración de sistemas lógicos con carácter predictivo y la comprobación o refutación de esas predicciones, mientras que la religión se asienta en la fe, ajena a cualquier comprobación. Soy consciente, por supuesto, de que han existido y existen científicos profundamente religiosos; hemos visto que Newton fue uno de ellos, como también lo fueron antes Kepler y Galileo, y más tarde Michael Faraday, James Clerk Maxwell o Georges Lemaître. Y también que en el lado opuesto se encuentran Charles Darwin, el astrofísico Fred Hoyle o el físico teórico Steven Weinberg, por no hablar del combativo Richard Dawkins. Pero no pretendo ahondar en este apartado —aunque el caso de Darwin aparece en este libro—; únicamente me limitaré a abordar un ejemplo particularmente notorio: el de las opiniones que surgieron sobre la existencia de un Dios creador del universo a raíz de la demostración de su expansión (Edwin Hubble, 1929) y del establecimiento de la teoría del *big bang*, un hallazgo cosmológico que atrajo el interés de la Iglesia católica. El 22 de noviembre de 1951, en el discurso («Las pruebas de la existencia de

Dios a la luz de la ciencia natural moderna») que el papa Pío XII pronunció al recibir a los miembros de la Academia Pontificia de Ciencias (Pontificae Academiae Scientiarum) defendió que el *big bang* apoyaba la idea cristiana de un Dios creador del mundo. Semejante tesis produjo, antes incluso de la manifestación de Pío XII, malestar en algunos científicos. Parecía que Hubble, con sus observaciones astronómicas, dejaba la puerta abierta a que algunos argumentasen que se había «demostrado científicamente a Dios».



David Bohm.
© Photograph by Mark Edwards, Still Pictures, 199A Shooters Hill, Blackheath, London

Pocos días después del discurso de Pío XII, el 30 de noviembre, el físico David Bohm (1917-1992) —sobre el que diré más en el capítulo 58— escribía una carta a su amiga, la matemática holandesa Miriam Yevick (1924-2018). Yevick había escapado de la Europa nazi con su familia a los quince años; se instaló en Estados Unidos y se doctoró en Matemáticas en el Massachusetts Institute of Technology, siendo la primera mujer en obtener allí ese grado. Bohm, estadounidense, escribía a Yevick desde São Paulo (Brasil):

> Querida Miriam:
>
> Sólo te escribo una pequeña adenda a la respuesta de tu pregunta sobre el valor del trabajo científico. Habrás tenido noticia de que el papa ha anunciado recientemente que cálculos científicos verifican la existencia de Dios. Cito un titular de uno de los periódicos más sensacionalistas de São Paulo: «La existencia de Dios demostrada científicamente». ¿Y cómo se ha logrado este milagro y por quién? Aparentemente por ningún otro que por G. [George] Gamow, que trabaja para la Universidad George Washington, que es, creo, una institución católica. Sobre la base de pura especulación, Gamow ha hilado una bonita teoría del tipo siguiente. Existe una gran evidencia de que algo inusual ocurrió hace varios miles de millones de años. (a) Evidencia radioactiva en las rocas. (b) Las estrellas están alejándose entre sí a un ritmo que, si se extrapola hacia atrás, sugiere que todas ellas proceden de la misma región general hace varios miles de millones de años. Éstos son datos muy bien verificados, y no pueden ser causa de insatisfacción. Pero Gamow procede ahora a extrapolar la teoría de la relatividad general, y deduce que el universo comenzó como una bola no mayor que su mano, hace un tiempo estimado de dos o tres mil millones de años. Las matemáticas indican que existe un cierto tiempo, $t = 0$, antes del cual no hay tiempo. Gamow (y otros) deducen en consecuencia un «comienzo del tiempo» y un «acto de creación», que fue el

suceso que inició la expansión del universo y que ocasionó «el comienzo del tiempo». Antes de este tiempo, presumiblemente no existía el tiempo, ni el espacio, ni materia diferenciada de tipo alguno, y la intervención de un ser externo era claramente necesaria para que estas cosas sucedieran. El papa está muy feliz con esto por dos razones: (a) La paradoja del inicio del tiempo está fuera del conocimiento humano, creando así un nuevo misterio análogo al de la Trinidad en sus insondables profundidades. (b) Existe una evidencia clara de que la materia no ha existido desde siempre, sino que fue efectivamente creada por Dios en el acto en el que Él hizo que empezase el tiempo. El papa dice estas cosas de manera categórica y abierta.

En la neblina de esta satisfacción beatífica con la nueva reconciliación de ciencia y religión, parece haberse olvidado de un cierto número de puntos débiles del trabajo de Gamow. (a) Las actuales leyes de la naturaleza, especialmente la teoría de la relatividad general, se dedujeron a partir de hechos obtenidos con una densidad de materia generalmente baja. Admitamos que toda la evidencia sugiere que la densidad era mucho más elevada hace varios miles de millones de años de lo que es ahora. Pero si la densidad fuese tan elevada como postulan Gamow y el papa, resulta muy dudoso que sea correcto extrapolar la teoría actual de la relatividad a esos dominios. Es muy probable que, si se conociesen las leyes correctas, no conducirían a la paradoja del inicio del tiempo, sino que describirían una situación en la que el universo experimentaría un cambio tipo cataclismo de un régimen general de organización a otro.

(b) Como era de esperar de los reaccionarios, Gamow y sus colegas olvidaron la posibilidad de que a una densidad de materia tan elevada las propiedades adecuadas a niveles aún inexplicables puedan jugar un papel, alterando de esta manera por completo la situación, dejando sin sentido la extrapolación de las leyes adecuadas a los niveles *ahora* conocidos. Gamow, al igual que muchos otros físicos, cierra su estructura conceptual, luego extrapola sus conceptos a dominios nuevos, y entonces milagrosamente aparece con misterios insondables, que son casi con certeza una consecuencia de su omisión de factores significativos que nosotros aún ignoramos.

En cualquier caso, se puede decir con seguridad que los hechos conocidos por la ciencia no justifican la conclusión de que:

(a) Los científicos han demostrado matemáticamente que ha tenido que existir un inicio del tiempo.

(b) Que por lo tanto Dios debe ser el responsable del acto inicial de la creación,

Estas conclusiones son una mera red de fantasías, pero se ha hilado tan habilidosamente por hombres como Gamow que incluso a muchos físicos muy competentes la conclusión (a) les parece fundamentada. Y de (a) a (b) sólo hay un pequeño y fácil escalón.

Ahora viene mi punto. Como sabes, el papa es un táctico inteligente y habilidoso, peleando una batalla desesperadamente perdida para salvar a la Iglesia católica. Aparentemente el papa no comparte tus dudas sobre la importancia de la investigación científica. Sabe que la ciencia tiene mucho prestigio, y que ideológicamente es el principal enemigo de la religión (que posteriormente es naturalmente uno de los principales puntales del orden existente). Él, consecuentemente, da la bienvenida a científicos que realmente se vuelven traidores a la ciencia y distorsionan hechos científicos para alcanzar conclusiones que son convenientes a la Iglesia católica. Y el hecho de que periódicos de un lugar tan atrasado como São Paulo den a esta afirmación los primeros titulares muestra que los periodistas de noticias también comprenden la importancia de los conceptos científicos, en tanto que se refieren al punto de vista humano general. Y con esto es suficiente.

DAVID

Para evitar la posibilidad de un origen en el tiempo del universo, tres físicos propusieron una teoría cosmológica diferente a la entonces comúnmente aceptada en la física y basada en la relatividad general canónica. Me estoy refiriendo a la cosmología del estado estacionario, propuesta en 1948 por Fred Hoyle, por un lado, y Hermann Bondi y Thomas Gold, por otro (los tres, que trabajaban en Cambridge, Inglaterra, habían discutido sus ideas antes de publicar sus respectivos artículos). Esta cosmología sostenía que el universo siempre ha tenido y tendrá la misma forma (incluida la misma densidad de materia, lo que, dada su evidente expansión, obligaba a introducir la creación de materia, ínfima ciertamente, pero creación al fin y al cabo, para que un volumen de universo tuviese siempre el mismo

contenido, a pesar de estar dilatándose), un universo que no tuvo ni un principio ni tendrá un final. En su artículo, Hoyle resumió el objetivo de su trabajo con las siguientes palabras:

> El siguiente trabajo […] surgió de una discusión con Mr. T. Gold, que señaló que a través de la creación continua de materia podría ser posible obtener un universo en expansión en el que la densidad propia de materia permaneciese constante. Esta posibilidad parecía atractiva, especialmente cuando se toma en conjunción con objeciones estéticas a la creación del universo en un pasado remoto. Ya que va en contra del espíritu científico considerar que efectos observables surgen de «causas desconocidas para la ciencia», y es esto en principio lo que implica la creación en el pasado.

Merece la pena repetir las últimas palabras: «Va en contra del espíritu científico considerar que efectos observables surgen de "causas desconocidas para la ciencia", y es esto en principio lo que implica la creación en el pasado». Tenía razón Hoyle: de entrada, la ciencia no puede aceptar sin más ni más tal idea. Pero menos aún puede negar la evidencia experimental, porque la ciencia es un juego, un delicado juego de equilibrio, entre la observación experimental y la incorporación de esas observaciones en un sistema formal (matemático preferentemente) que sea capaz de predecir resultados comprobables, a su vez, de manera experimental. Y sucede que, tras haber sido bastante influyente durante la década de 1950, la cosmología del estado estacionario comenzó a tener problemas con datos experimentales. Los primeros llegaron cuando empezaron a conocerse algunas medidas tomadas a mediados de la década de 1950 con unos nuevos instrumentos que se introdujeron por entonces en la astrofísica: los

radiotelescopios, que exploraban un espectro de longitudes de onda antes inaccesibles a los telescopios «ópticos». En Cambridge, Martin Ryle llegaba en 1955 a la conclusión, midiendo las intensidades y los números de radiofuentes, de que no había forma de explicar sus observaciones en términos de la teoría del estado estacionario. Pero lo peor vino en 1964-1965 cuando dos físicos, Arnold Penzias y Robert Wilson (trabajaban en los laboratorios industriales Bell de New Jersey, asociados a la ATT, American Telephone and Telegraph, y a Western Electric) encontraron un fondo de ruido eléctrico inesperado en medidas que realizaban utilizando una antena de radio que se había construido para la comunicación a través de un satélite. Para su sorpresa, vieron que captaban una cantidad apreciable de ruido de microondas, independientemente de la dirección a la que dirigieran la antena; se trataba, además, de un ruido que no variaba con la hora del día, ni siquiera con la estación en que llevasen a cabo las medidas. Tras descartar que los ruidos proviniesen de la propia antena, la única conclusión posible era que tenía algo que ver con el cosmos. Pero ¿con qué? La respuesta a esta pregunta llegó de la cercana Universidad de Princeton, de James Peebles y Robert Dicke, que defendieron la idea de que, si hubo un *big bang* debería existir un fondo de ruido remanente del universo primitivo, un ruido que, en forma de radiación, correspondería a una temperatura mucho más fría (debido al enfriamiento asociado a la expansión del universo) que la gigantesca que debió producirse en aquella gran explosión. Aun así, cuando Penzias y Wilson publicaron sus observaciones en 1965, no hicieron mención alguna a sus posibles implicaciones

cosmológicas. La temperatura correspondiente a esa radiación, situada en el dominio de las microondas, es, según las estimaciones actuales, de unos 2,7 grados Kelvin.

Reestablecida la cosmología del *big bang*, la Iglesia católica continuó queriendo utilizarla para defender su idea de un Dios creador del universo. Así, en un simposio sobre «Cosmología astrofísica» que tuvo lugar en la Ciudad del Vaticano, del 28 de septiembre al 2 de octubre de 1981, organizado por la Academia Pontificia de Ciencias, el papa Juan Pablo II manifestó lo siguiente en su discurso de bienvenida:

> La cosmogonía y la cosmología han suscitado siempre un gran interés entre los pueblos y las religiones. La propia Biblia nos habla del origen del universo y de su constitución, no para suministrarnos un tratado científico, sino para precisar las justas relaciones del hombre con Dios y con el universo. La Santa Escritura simplemente quiere declarar que el mundo ha sido creado por Dios, y para enseñar esta verdad debe expresarse con los términos de la cosmología al uso en el tiempo en que fue escrita. El libro sagrado quiere, por otra parte, hacer saber a los hombres que el mundo no ha sido creado como albergue de dioses, como enseñan otras cosmogonías y cosmologías, sino que ha sido creado para el servicio del hombre y a la gloria de Dios. […] Toda hipótesis científica sobre el origen del mundo, como la de un átomo primitivo del que derivaría el conjunto del universo físico, deja abierto el problema relativo al comienzo del universo. Por ella misma, la ciencia no puede resolver semejante cuestión: es preciso hacer saber al hombre que tal cuestión se eleva por encima de la física y de la astrofísica y que se necesita la metafísica; es preciso sobre todo hacerle saber que proviene de la revelación de Dios. Hace treinta años, refiriéndose al problema del origen del universo durante la Semana de estudios sobre el problema de los microseísmos, organizada por la Academia Pontificia de Ciencias el 22 de noviembre de 1951, mi predecesor, el papa Pío XII, se expresó de la siguiente manera: «En vano se alcanzará una respuesta a partir de las ciencias de la naturaleza, que, al contrario, declaran lealmente encontrarse delante de un enigma irresoluble. Es igualmente cierto que el espíritu humano

> versado en la meditación filosófica penetra más profundamente en el problema. No se puede negar que un espíritu clarividente y enriquecido por los conocimientos científicos modernos, y que encara con serenidad este problema, se ve conducido a romper el círculo de una manera totalmente independiente y autónoma […] y a remontarse hasta un Espíritu creador. Con la misma mirada límpida y crítica con la que examina y juzga los hechos, ha entrevisto y reconocido la obra de la Potencia Total creadora, cuya virtud, suscitada por la potencia *fiat* pronunciada hace miles de millones de años por el Espíritu creador, se ha manifestado en el universo, llamando a la existencia, en gesto de generoso amor, de la materia desbordante de energía».

Mucho había cambiado, es cierto, la dialéctica de la jerarquía católica desde los tiempos de Galileo, pero no la esencia de su discurso. Me pregunto qué pensarían algunos de los asistentes a aquel simposio cuando escucharon al papa polaco, científicos como Stephen Hawking o Steven Weinberg, que escribió al final del último capítulo de su libro *The First Three Minutes* (*Los tres primeros minutos del universo*, 1966) lo siguiente:

> Para los seres humanos, es casi irresistible el creer que tenemos alguna relación especial con el universo, que la vía humana no es solamente el resultado más o menos absurdo de una cadena de accidentes que se remonta a los tres primeros minutos, sino que de algún modo formamos parte de él desde el comienzo. Mientras escribo estas líneas, viajo en un avión a diez mil metros de altura, por encima de Wyoming, en viaje de vuelta de San Francisco a Boston. Debajo, la Tierra parece muy suave y confortable, salpicada de vaporosas nubes, con nieve que adquiere una tonalidad rosada a medida que el Sol se pone y caminos que se extienden en línea recta por el campo de una ciudad a otra. Es difícil darse cuenta de que todo esto sólo es una minúscula parte de un universo abrumadoramente hostil. Aún más difícil es comprender que este universo actual ha evolucionado desde una condición primitiva inefablemente extraña, y tiene ante sí una futura extinción en el frío eterno o el calor intolerable. Cuanto más compresible parece el universo, tanto más sin sentido parece

también.

Una manifestación sobre la ciencia y la fe que no quiero dejar de lado procede de la química y cristalógrafa británica Rosalind Franklin (1920-1958), con la que nos encontraremos en el capítulo 74, cuya participación en el descubrimiento de la estructura del ADN fue esencial. En una carta a su padre, no datada pero seguramente del verano de 1940, Franklin escribía:

> Siempre me dices, y en tu carta lo dejas traslucir, que he desarrollado una visión completamente sesgada del mundo y que lo veo todo y pienso todo en términos de ciencia. Creo que esta opinión está del todo distorsionada. Obviamente, mi forma de pensar y de razonar está influenciada por mi formación científica; si no fuera así, mi formación científica habría sido una pérdida de tiempo y un fiasco. Pero tú ves la ciencia como una especie de invención inmoral del hombre (o, al menos, hablas así de ella), como algo ajeno a la vida real que debe ocultarse como un peligro y que debe permanecer al margen de la vida cotidiana. Pero la ciencia y la vida cotidiana ni pueden ni deben estar separadas. La ciencia, para mí, proporciona una explicación parcial de la vida. En este sentido, se basa en los hechos, en la experiencia y en los experimentos. Tus teorías son las que tú y muchas otras personas consideráis más sencillas y agradables, pero, tal y como yo lo veo, no tienen ningún fundamento más que el de ofrecer una visión más amable de la vida (y una visión exagerada de nuestra importancia).
>
> Estoy de acuerdo en que la fe es esencial para tener éxito en la vida (éxito de cualquier tipo), pero no acepto tu visión de la fe; por ejemplo, la creencia en la vida después de la muerte. En mi opinión, lo único necesario para tener fe es la creencia que haciendo todo lo que podamos estaremos más cerca del éxito y que vale la pena luchar por nuestros objetivos (la mejora de la vida de la humanidad, presente y futura). Cualquiera capaz de creer en todo lo que implica la religión evidentemente debe tener fe, pero yo sostengo que la fe en este mundo es perfectamente posible sin fe en el otro mundo. […] Una cosa más: tu fe descansa en tu futuro y en el de otros como individuos; la mía descansa en

> el futuro y en el destino de nuestros sucesores. Y me parece que la tuya es más egoísta.
>
> Se me acaba de ocurrir que podrías plantear la cuestión de un creador. ¿Un creador de qué? No puedo discutirlo desde la biología, porque no es mi campo. […] No veo ninguna razón para creer que un creador de protoplasma o de sustancia primitiva, si es que tal cosa existió, tuviera ninguna razón para estar interesado en nuestra insignificante especie, en un rincón ridículo del universo, y mucho menos en nosotros, como individuos aún más insignificantes. Además, no veo ninguna razón por la que creer que somos insignificantes debería rebajar nuestra fe… tal y como yo la he definido. […] Bueno, y ahora la carta normal.

Mucho se ha escrito sobre el carácter de Rosalind Franklin, tan dotada como suspicaz e intransigente, y las dificultades que éste provocó en los trabajos sobre la estructura del ADN, liderados por Maurice Wilkins, que se estaban desarrollando en el King’s College. Sin embargo, para mí esta carta, plena de grandeza a la vez que de humildad, la redime de cualquier otro posible defecto de su personalidad.

12
LAVOISIER, EL *TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE DE CHIMIE* Y LA GUILLOTINA*

En un libro que es un clásico de la historia y metodología de la ciencia, *The Structure of Scientific Revolutions* (1962), su autor, el físico reconvertido en historiador de la ciencia, Thomas S. Kuhn, explicó que, antes de que proliferaran a comienzos del siglo XIX los libros de texto científicos, tanto elementales como avanzados, en los que se exponían los cuerpos de las teorías aceptadas, «muchos de los libros clásicos famosos de la ciencia desempeñaban una función similar. La *Física* de Aristóteles, el *Almagesto* de Ptolomeo, los *Principia* y la *Óptica* de Newton, la *Electricidad* de Franklin, la *Química* de Lavoisier y la *Geología* de Lyell, éstas y muchas otras obras sirvieron implícitamente, durante cierto tiempo, para definir los problemas y métodos legítimos de un campo de investigación para generaciones sucesivas de estudiantes». Cierto es que todas estas obras, salvo tal vez la de Franklin, influyeron poderosamente en las ciencias a las que estaban dedicadas, pero una de ellas posee el añadido especial del momento en el que se publicó y del destino que aquel mundo político produjo en su autor, el químico Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794), «el Newton de la química», el «padre» de la química moderna. El título completo de ese libro es el *Traité élémentaire de chimie, presenté dans un ordre nouveau et d'après les decouvertes modernes* (*Tratado elemental de química, presentado en un orden nuevo según los descubrimientos modernos*), y vio la luz, en París, en 1789, el mismo año en el que se inició la

Revolución francesa.

Antoine Laurent de Lavoisier

La manipulación de elementos y compuestos químicos tiene una larga historia y en este sentido bien se puede decir que la historia de la química posee raíces lejanas en el tiempo; ahora bien, no se puede decir lo mismo en lo que se refiere a disponer de un sistema teórico lo suficientemente organizado y eficaz, algo que no llegó hasta la segunda mitad del siglo XVIII. Es ilustrativa la entrada dedicada a la Química (*Chymie*) en el tomo III, publicado en 1753, de la *Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, dirigida por Diderot y D’Alembert, de la que fue responsable el médico, farmacéutico y químico francés Gabriel François Venel (1723-1775). Allí Venel escribía:

> Está claro que la revolución que situará a la química en el rango que merece, que la pondrá al menos al lado de la física, que esta revolución, digo, no puede ser producida más que por un químico hábil, entusiasta y atrevido que, encontrándose en una situación favorable y aprovechándose hábilmente de algunas circunstancias felices, sepa despertar la atención de los sabios, primero con una ostentación brillante, con un tono decidido y afirmativo, y después con argumentos si sus primeras armas hubieran atacado algún prejuicio.

Los deseos de Venel no tardarían en cumplirse: Antoine Laurent de Lavoisier, que tenía sólo diez años cuando se publicó su artículo, sería ese químico «hábil, entusiasta y atrevido».

Hijo de un próspero abogado de París, Lavoisier estudió Derecho, aunque terminó brillando en la ciencia. Sin embargo, no descuidó asuntos más mundanos: fue accionista de la Ferme Générale, una

institución privada en la que la Corona francesa había delegado la recaudación de impuestos. Lo que hizo para entrar en ella fue comprar un tercio de una participación. Como *férmier*, Lavoisier estaba obligado a realizar giras de inspección e informar de sus observaciones a los directores de la compañía, a *férmiers* más veteranos, como Jacques Paulze, con cuya hija MarieAnne Pierrette Paulze (1758-1836) se casó Lavoisier en 1771. Ese mismo año, Lavoisier incrementó su participación en la Ferme Générale: con una inversión de 780.000 francos —una fortuna desde luego—, adquirió la mitad de una participación.

Como buen ilustrado, Lavoisier no fue ajeno a la actividad pública, interés que en su caso se manifestó, al margen de su actividad como *férmier*, de diferentes maneras: en 1775 fue nombrado uno de los cuatro directores de la Régie des Poudres (Administración de Pólvora), la institución estatal encargada de la producción de pólvoras y salitres, puesto que mantuvo hasta 1791; en 1787 fue elegido representante del Tercer Estado en la Asamblea Provincial de Orleans, y en 1789, diputado suplente por la nobleza de Bois en los Estados Generales y miembro de la Comuna de París.



Lavoisier y su esposa, MarieAnne Paulze, Jacques-Louis David (1788). © *Metropolitan Museum of Art, NY/Album*

En lo que se refiere a la química, los pilares fundamentales de la revolución que encabezó se basaron especialmente en la manera en que entendió dos procesos básicos: la combustión y la calcinación.

Ambos, gracias a él, pasaron a explicarse de forma muy distinta a como se hacía en la teoría más influyente de la química existente: la teoría del flogisto. Según esta teoría —tuvo entre sus principales defensores al alemán Georg Stahl (1659-1734)—, la capacidad que tiene un cuerpo para arder se debe a la existencia en su composición de una sustancia llamada flogisto (del griego *filox*, esto es, 'llama'; por consiguiente, literalmente 'principio de la llama'). Del mismo modo, para que un metal se calcine era indispensable que el flogisto formara parte de su composición. En las dos operaciones, combustión y calcinación, tenía lugar el mismo proceso: desprendimiento de flogisto de las sustancias que lo contenían. Cuando la combustión y la calcinación se llevaban a cabo en recipientes cerrados, llegaba un momento en que el proceso se detenía; la teoría explicaba este hecho postulando que el aire contenido en el recipiente se saturaba del flogisto desprendido y no admitía más adiciones. A finales de 1772, Lavoisier pudo demostrar que tanto el fósforo como el azufre se combinaban con el aire durante la combustión y que los productos que se producían (los ácidos fosfórico y sulfúrico) pesaban más que el fósforo y el azufre iniciales. Se trataba, pues, de un proceso de adición, en lugar de uno en el que se producía un desprendimiento (de flogisto). A lo largo de los dos años siguientes, comprobó que la calcinación era un proceso similar a la combustión; esto es, que cuando un metal se calcinaba se unía a una parte del aire circundante, aumentando de peso. En octubre de 1774, Joseph Priestley (1733-1804) comunicó a Lavoisier que había estudiado recientemente un gas particular que era mucho más apto que el «aire

común» para mantener la combustión. Por esta razón, le había dado el nombre de «aire desflogisticado», porque podía recibir mucho flogisto (creía todavía en esta teoría), que favorecía la combustión de otros cuerpos. Priestley, nacido en Leeds, se dedicó al sacerdocio. Predicador apasionado, tanto en religión como en lo que a sus ideas políticas se refiere, fue un ferviente admirador de la Revolución Francesa; en una ocasión en la que junto a unos amigos celebraba en 1791 el aniversario de la toma de la Bastilla, la muchedumbre asaltó su casa y quemó su iglesia, por lo que desapareció una buena parte de sus instrumentos y documentos científicos. Tuvo, en consecuencia, que emigrar a Norteamérica y se instaló en Filadelfia en 1704. Uno de sus escritos más importantes se titulaba *The doctrine of phlogiston established* [*La doctrina del flogisto establecida*, 1800]). Difundió su hallazgo sobre todo en su libro *Experiments and Observations on different kinds of Air* (*Experimentos y observaciones sobre diferentes tipos de aires*, 1774).

Lavoisier comprendió pronto el papel fundamental que este nuevo gas desempeñaba en los procesos químicos de la combustión y la calcinación, que pasaron a convertirse en procesos que implicaban la absorción o combinación de un nuevo elemento, un aire al que bautizaría con el nombre de «oxígeno». El aire común o atmosférico, en definitiva, no era una sustancia simple, sino que se componía de dos o más sustancias, algo que ya habían comprobado, con diferentes grados de certidumbre, Stephen Hales (1677-1761), Henry Cavendish (1731-1810), Joseph Black (1728-1799), Wilhelm Scheele (1742-1786) y el citado Priestley. (De acuerdo con la visión actual,

podemos definir la combustión como una «reacción química entre el oxígeno y un material oxidable acompañada de desprendimiento de energía» y la calcinación como la «transformación por oxidación de un metal a su mineral o cal».)

Otro apartado destacado de la nueva química de Lavoisier tuvo que ver con el agua, el componente más universal de la naturaleza, que, al igual que el aire atmosférico, dejó de ser considerada como una sustancia simple, logro en el que también participó Cavendish. En su *Traité élémentaire de chimie*, en donde explicó el procedimiento que había seguido en este descubrimiento (y que publicó en 1781), Lavoisier escribió:

> Hasta nuestros días, el agua se había considerado como un cuerpo simple, y los antiguos no tuvieron dificultad alguna en llamarla elemento. Para ellos era, sin duda, una sustancia elemental, puesto que no habían conseguido descomponerla o, al menos, porque las descomposiciones del agua que tenían lugar diariamente ante su vista escapaban de sus observaciones. Pero ahora [...] el agua ya no es para nosotros un elemento.

El *Traité élémentaire de chimie*

Más allá de ser un espléndido libro de química, el *Traité élémentaire* constituyó el vehículo mediante el cual su autor presentó a una audiencia más amplia el nuevo sistema químico que había desarrollado. Desde este punto de vista, se trataba de una obra necesaria para difundir la teoría de Lavoisier. De hecho, la correspondencia de Lavoisier muestra que otros químicos pensaron en los mismos términos. Así, el 17 de enero de 1789 Jean-Baptiste van Mons (1765-1842), un maestro farmacéutico de Bruselas y entusiasta partidario de la nueva química de Lavoisier,

así como adepto vigoroso de las ideas revolucionarias, escribía a Lavoisier:

> Señor:
>
> La inclinación de los animales de costumbre a favor de lo que es antiguo, el odio nacional, la envidia acaso nacional también, pero siempre personal y, como acaba de decir un flogístico poco considerado, el temor de los químicos a ver olvidadas sus obras, se encuentran entre los obstáculos que el tiempo y la razón deberán vencer antes de que vuestra teoría sea adoptada universalmente.
>
> Considerando estos obstáculos desde más cerca, es fácil identificar su causa. Alemania jamás verá con buenos ojos que se la arrebate un niño nacido y educado en su seno, e Inglaterra no será la primera en poner esta corona sobre la cabeza de un rival [Mons aludía a la teoría química del flogisto, a cuya cabeza se hallaba el alemán Stahl, y a los trabajos pioneros de los ingleses Black y Priestley].
>
> Con todo esto, señor, no concibo cómo se puede tener buena fe y aun así rechazar la evidencia. Pero tal parece ser la debilidad del espíritu humano cuando se le anuncia una evidencia manifiesta; acostumbrado a la oscuridad, e incapaz de soportar el brillo de esta viva luz, se desvía y se aparta durante algún tiempo ante la claridad que le deslumbra.
>
> Entre las causas que más retrasan la propagación de vuestra doctrina se encuentra, como he observado bastantes veces en conversaciones particulares que he tenido con sabios en este país y sobre todo con los profesores holandeses, el que muchas personas no poseen más que un conocimiento imperfecto de los principios sobre los que reposa. Una explicación un poco más amplia me ha permitido convencerlos siempre.
>
> Para eliminar en parte este obstáculo, hace algún tiempo he leído en la Sociedad de Física Experimental, nuevamente establecida en esta villa bajo los auspicios de Su Majestad, una memoria sobre la diferencia entre las dos doctrinas y la preeminencia de la vuestra y cuento con dar al público en los próximos días una pequeña obra bajo el título *Essai sur les principes de la nouvelle theorie chymique* en la que reuniré las partes dispersas de vuestra doctrina, ¡intentando presentarla con orden y claridad! Este ensayo también será traducido al holandés por el famoso profesor Rumpel [probablemente se trataba del médico y químico John Dalrymple, conocido como Rumpel].

Van Mons no llegó a publicar la obra que mencionaba, que finalmente pensaba titular *Essai sur les principes de la chimie antiphlogistique*. La inminente publicación del *Traité élémentaire de chimie* de Lavoisier, del que Van Mons parecía no tener noticia, lo hizo innecesario. En este sentido, el 2 de febrero Lavoisier contestaba a Van Mons:

> Le agradezco mucho, señor, el interés que ha tenido a bien testimoniarme por una doctrina que yo he creado y que espero que no tardará en producir una completa revolución en la forma de enseñar la química. No hay por qué asombrarse de que estas novedades asusten; hace falta un punto de madurez y el de la doctrina moderna me parece que lo proporciona. Es de desear que buenos espíritus como usted quieran encargarse de propagar los conocimientos y espero con impaciencia que tenga usted a bien comunicarme la memoria que ha leído en la sociedad de física experimental establecida en Bruselas. Por mi parte, trabajo en un tratado elemental de química que sigue la nueva doctrina y que va a aparecer pronto.

Y realmente apareció pronto, como muestra el contenido de la nota que menos de dos semanas después de la anterior carta, el 15 de febrero, Lavoisier enviaba a Jean-Gaspard Dubois de Fontanelle (1727-1812), desde 1784 redactor de la *Gazette de France*:

> La Academia Real de Ciencias ha tenido el honor de presentar al rey, a la reina y a la familia real el volumen de sus memorias correspondientes al año 1786. Al mismo tiempo, M. Dionis du Sejour presentó el segundo volumen de su tratado analítico de los movimientos aparentes de los cuerpos celestes y M. Lavoisier, un tratado elemental de química con planchas y descripciones de todos los aparatos relativos a los descubrimientos modernos. Esta obra se pondrá a la venta en el corriente mes de marzo en la librería Cuchet, de la calle y hotel Serpente.

El ejemplar que Lavoisier presentó al rey —conservado en la actualidad en la Biblioteca Nacional francesa, encuadernado con el escudo de armas de María Antonieta— pertenece a una edición preliminar del *Traité*, la única en un solo volumen (558 páginas). Debieron imprimirse pocos ejemplares de esa edición, que, como hemos visto, Lavoisier distribuyó en el mes de marzo. A ésta siguió, según parece en mayo o incluso en abril, la edición canónica, en dos tomos.

El 2 de febrero de 1790, Lavoisier comentaba algunos detalles tanto de la nueva química que había propuesto como de la situación política a Benjamín Franklin, entonces ya en Filadelfia, con quien había entablado amistad durante la estancia de este en París:

> M. [Monsieur] Le Coulteux de Caumont que regresa a América acepta con agrado encargarse de dos ejemplares de una obra que he publicado hace aproximadamente un año bajo el título de *Tratado elemental de química*. Os ruego que tengáis a bien aceptar uno y pasar el otro a la Sociedad de Filadelfia [la American Philosophical Society, fundada en 1743].
>
> En todos los tratados de química que han sido publicados después de Stalh, siempre se ha comenzado planteando una hipótesis y a continuación se ha hecho un esfuerzo por hacer ver que a partir de ella se explicaban pasablemente bien todos los fenómenos de la química.
>
> Creo que un gran número de sabios piensan hoy conmigo que la hipótesis admitida por Stalh, y modificada después, es falsa; que el flogisto en el sentido que Stalh da a esta palabra no existe y es principalmente para desarrollar mis ideas sobre este asunto por lo que he emprendido el tratado que tengo el honor de enviaros. Como usted verá en el prefacio, he buscado llegar a la verdad por el encadenamiento de hechos; suprimiendo todo lo que me ha sido posible el razonamiento que a menudo es un instrumento falaz que nos conduce al error, para seguir tanto como era posible la bandera de la observación y de la experiencia.
>
> Este camino que no había sido seguido todavía en química me ha dado lugar a organizar mi obra con un orden absolutamente

nuevo en la química, que se encuentra mucho más cercano de lo que nunca ha estado al de la física experimental. Deseo mucho que vuestro tiempo y vuestra salud os permitan leer los primeros capítulos. Porque vuestro juicio y el de algunos sabios europeos que carecen de prejuicios en estas materias es el único que ambiciono.

Me parece que la química presentada de esta forma se convierte en un estudio infinitamente más fácil de lo que era. Los jóvenes que no tienen la cabeza preocupada por ningún sistema la entenderán con facilidad, pero los viejos químicos aún la rechazarán y la mayoría incluso tendrán más dificultad en entenderla que aquellos que aún no han estudiado nada de química.

Los sabios franceses se encuentran por el momento divididos entre la antigua y la nueva doctrina. Tengo de mi lado a M. de Morveau, M. Bertholet, M. de Fourcroy, M. de la Place [Laplace] y Monge y, en general, a los físicos de la Academia. Los sabios de Londres y de Inglaterra también abandonan sin preocupación la doctrina de Stalh, pero los químicos alemanes la aprecian mucho. He aquí, pues, una revolución que ha experimentado la química después de vuestra partida de Europa, y la tendré por bastante avanzada e, incluso, totalmente hecha si usted se cuenta entre nosotros.

Después de haberos comentado lo que pasa en la química viene el caso de que os hable de nuestra revolución política. Nosotros la consideramos como realizada y sin posibilidad de vuelta atrás. Existe aún, sin embargo, un partido aristocrático que hace esfuerzos vanos y que es evidentemente el más débil. El partido democrático es el más numeroso, y tiene de su lado a la instrucción, la filosofía y las luces. Las personas moderadas que han conservado su sangre fría en esta efervescencia general piensan que las circunstancias nos han llevado demasiado lejos, que es lamentable que haya sido obligatorio armar al pueblo y a todos los ciudadanos, que no es político colocar la fuerza en manos de los que deben obedecer, y que es de temer que el establecimiento de la nueva Constitución vuelva a levantar obstáculos frente a aquellos mismos a favor de los cuales se ha hecho. Ahora nos encontramos en el momento más importante por estarse celebrando en todo el Reino las elecciones municipales, y parece ser que se realizan pacíficamente. El Reino será dividido en 83 distritos, cada distrito en cantones, y éstos tendrán dos, tres o cuatro municipios. Por lo demás, los periódicos os informarán de todos los detalles. En este momento lamentamos vuestra lejanía de Francia; hubieseis sido nuestro

guía y nos hubierais marcado los límites que no deberíamos haber franqueado.

Revolución y víctima de la guillotina

El año de la publicación del *Traité élémentaire de chimie*, 1789, no fue un año cualquiera, sino el que alumbró la Revolución Francesa: el 14 de julio, masas parisinas tomaron la Bastilla, el odiado símbolo de un régimen que ya no se quería. Lavoisier, entonces en la cumbre de su poder y prestigio científico y público, no pudo permanecer al margen de aquel proceso, en el que las ansias de libertad e igualdad a menudo se combinaron con la crueldad, el vandalismo y el terror.

Durante algún tiempo, el nuevo régimen contó con Lavoisier; fue nombrado miembro del Bureau de Consultation des Arts et Métiers (Departamento de Consultas de Artes y Oficios), organismo creado el 13 de septiembre de 1791 para proporcionar al Gobierno informes sobre los inventos útiles y establecer las correspondientes recompensas; de hecho, preparó varios informes y asistió a sus sesiones hasta el mismo día en que fue arrestado, el 28 de noviembre de 1793 (8 de frimario del año I, de acuerdo con la nueva cronología revolucionaria), poco más de un mes después, el 2 de octubre, de haber sido nombrado presidente del Bureau. En el registro de la prisión de Port-Libre (con posterioridad Hospital de la Maternité) en la que fue confinado se anotó simplemente:

El 8 de frimario,
Lavoisier, hasta ahora *férmier général*.
Motivo: para rendir cuentas.
Orden de la policía.

Ser *férmier* era, como vemos, la gran acusación.

El mismo día, su suegro, Jacques Paulze (que entonces tenía setenta y un años), también fue hecho preso; unos días antes, el 4 y 5 de frimario, lo habían sido otros *férmiers*, mientras que el resto lo serían poco después.

En una nota que escribió durante los meses que pasó en prisión, Lavoisier, refiriéndose a sí mismo en tercera persona, defendió con orgullo su carrera como científico y ciudadano:

> Lavoisier, miembro de casi todas las academias de Europa, ha consagrado su vida principalmente a trabajos relativos a la física y a la química.
>
> Durante los veinticinco años que ha sido miembro de la Academia de Ciencias, ha hecho imprimir en sus Actas más de ochenta memorias, de las que una gran parte contienen descubrimientos importantes para las artes, las ciencias y la humanidad. Ha consagrado a este fin una parte importante de su fortuna.
>
> Se ha ocupado principalmente de experimentos de agricultura muy onerosos que ha continuado durante quince años y en los cuales ha sacrificado más de 120.000 libras; se propone incesantemente publicar una obra importante sobre este tema.
>
> No esperó en ningún momento la época de la Revolución para manifestar sus principios sobre la libertad y la igualdad.

Sin duda creía lo que escribía, que había amado la libertad y la igualdad siempre, sólo que la libertad e igualdad del *férmier général* no era, claro, la libertad e igualdad del pueblo llano, de los *sans-culottes* que tomaron la Bastilla. Si éstos —impulsados, no hay que olvidarlo, entre otros por filósofos ilustrados— desencadenaron un proceso político que influiría poderosamente en el curso posterior de la historia de la humanidad, también hizo lo mismo, aunque en

otros apartados, el contenido del *Traité élémentaire de chimie*; pero los revolucionarios que se unieron en la entrada del suburbio de Saint-Antoine para marchar hacia la Bastilla no estaban interesados en esa obra, fuera del alcance de la comprensión de la mayoría, entre otras razones porque muchos no sabían leer.

El 7 de mayo de 1794 —el 18 de floreal del año II —, Lavoisier escribió a su primo Augez de Villers (ya la cité parcialmente en la «Introducción», pero no resisto repetirla aquí, completa):

> He desarrollado una carrera razonablemente larga, y de bastante éxito, y creo que mi memoria será acompañada con algunos lamentos, acaso con alguna gloria. ¿Qué más podría haber deseado pedir? Los sucesos de los que me encuentro rodeado probablemente me evitarán los inconvenientes de la vejez. Moriré todo entero, lo que todavía constituye una ventaja que debo contar con respecto a aquellos con los que disfruté. Si experimento algunos sentimientos penosos es por no haber hecho más por mi familia; es por haber sido desposeído de todo y no poderles dar ni a ella ni a vosotros ninguna prueba de mi cariño y agradecimiento.
>
> Es cierto que el ejercicio de todas las virtudes sociales, de servicios importantes prestados a la patria, una carrera empleada con provecho para el progreso de las artes y los conocimientos humanos no bastan para protegerme de un fin siniestro y para evitar perecer como un culpable.
>
> Te escribo hoy porque mañana tal vez ya no me será permitido hacerlo, y porque para mí, en estos últimos momentos, es un dulce consuelo ocuparme de vosotros y de las personas que me son queridas. No me olvidéis junto a aquellos que se interesan por mí; que esta carta sea común. Es verdaderamente la última que os escribo.
>
> Lavoisier

El día siguiente, tal y como sospechaba o sabía, después de interrogar a los 28 *férmiers* acusados (de conspirar contra el pueblo de Francia), el Tribunal revolucionario los condenó a la pena de muerte, que

debía ejecutarse dentro de las siguientes veinticuatro horas. Sin embargo, no se esperó demasiado: el mismo 8 de mayo fueron ejecutados en la guillotina, siguiendo el orden que aparecía en el acta de acusación. Lavoisier era el quinto, justo después de su suegro, cuya cabeza vio, por consiguiente, caer. Sus restos fueron arrojados en el cementerio de la Madeleine. Al día siguiente, Lagrange dijo a Delambre: «No ha hecho falta más que un instante para cortar esa cabeza, puede que cien años no basten para producir otra igual». Dadas las circunstancias, constituyó un buen epitafio.

13
BENJAMÍN FRANKLIN: CIENCIA Y GLOBOMANÍA*

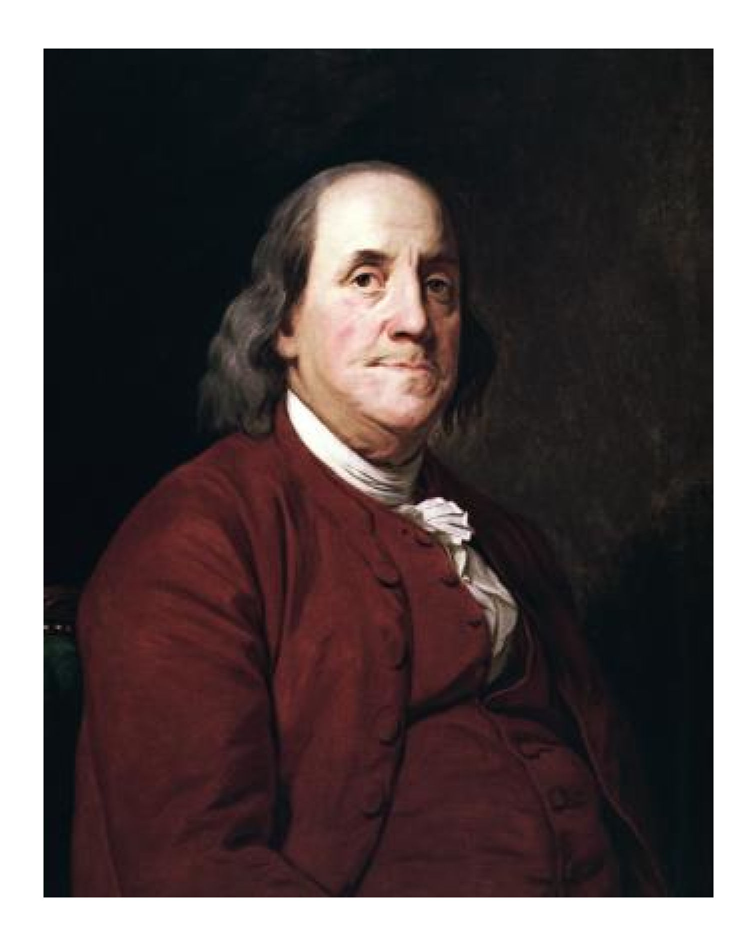
En la historia de la ciencia abundan personajes singulares, pero seguramente ninguno mostró tantas habilidades en tantos ámbitos diferentes como Benjamín Franklin (1706-1790). Impresor, editor, escritor, político, diplomático, inventor y científico figuran entre las actividades por las que le recuerda la historia. Es posible que la mayoría asocie su nombre a uno de los cinco hombres a los que el Segundo Congreso Continental de lo que entonces eran colonias británicas encargó que redactasen la futura Declaración de Independencia de Estados Unidos. El borrador inicial lo escribió Thomas Jefferson, mientras que los otros cuatro responsables —John Adams, Roger Sherman y Robert Livingston, además de Franklin— se limitaron a proponer algunos cambios. El más célebre de estos cambios provino de Franklin. En su borrador, Jefferson había escrito: «Sostenemos que estas verdades son sagradas e innegables». Franklin lo cambió por una frase memorable, que se ha inscrito en los anales de la historia: «Sostenemos como evidentes estas verdades». Las verdades en cuestión eran «que los hombres son creados iguales; que son dotados por su Creador de ciertos derechos inalienables; que entre éstos están la vida, la libertad y la búsqueda de la felicidad». De hecho, se ha argumentado que, como sostienen algunos, la idea de verdades «evidentes» se basaba menos en John Locke, que era uno de los filósofos favoritos de Jefferson, que en el determinismo científico de la física de Isaac Newton (también en el empirismo analítico de David

Hume, que fue amigo de Franklin). Se da la circunstancia, por cierto, de que Franklin estuvo a punto de conocer personalmente a Newton. En su famosa *Autobiografía*, y refiriéndose al período que pasó en Inglaterra (fue su primer viaje a Gran Bretaña; llegó a Londres en los últimos días de 1724 y permaneció allí hasta bien entrado 1726), recordó que el doctor Pemberton le «prometió hacer lo posible por presentarme a sir Isaac Newton, cosa que yo deseaba ardientemente y que por desgracia nunca ocurrió». La recomendación era buena, puesto que Henry Pemberton estaba preparando entonces, con la ayuda del propio Newton, la tercera edición (1726) de su *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* de 1687. Pemberton es recordado también por sus esfuerzos en la complicada tarea de hacer más accesible el contenido de los *Principia*, algo que consiguió con la publicación de su libro *View of Sir Isaac Newton's Philosophy* (1728), una de las tres mejores introducciones populares a la ciencia newtoniana que se publicaron en el siglo XVIII (las otras dos fueron: *Account of Sir Isaac Newton's Philosophical Discoveries*, de Colin Maclaurin, y *Élements de la philosophie de Newton*, de Voltaire). Cuando el libro de Pemberton se publicó, Franklin ya había regresado a Norteamérica, pero en 1732 su amigo Peter Collinson, que era miembro de la Royal Society, se lo envió como regalo, contribuyendo de esta manera a la formación científica de Franklin, cuya muy escasa educación matemática le imposibilitaba estudiar el libro de Newton. Las aportaciones de Franklin a la ciencia se basaron siempre en la observación, la experimentación y su muy poderosa imaginación.

El viaje de Franklin a Inglaterra no tuvo, en

principio, nada que ver con la ciencia. Lo realizó con la ayuda del gobernador de Pensilvania, sir William Keith, que deseaba contar con una buena imprenta en Filadelfia, por lo que sugirió al joven Franklin —había aprendido las técnicas impresoras con uno de sus hermanos en Boston, pero buscó emanciparse de la rígida tutela de éste trasladándose a Filadelfia— que viajara a Londres para comprar allí la maquinaría necesaria y aprendiera de otros impresores. A partir de 1743, Franklin, quien ya contaba con los suficientes recursos económicos para dedicarse a lo que le gustaba, comenzó a producir resultados científicos que atrajeron la atención de los estudiosos europeos. Y lo hizo primero en el campo de la electricidad, por el que comenzó a interesarse durante una visita que hizo a Boston en el verano de aquel año. Asistió entonces a unas charlas de un científico escocés, Archibald Spencer, que se ganaba la vida dando conferencias y que mostró algunos hechos curiosos —de los que tanto atraían en los salones ilustrados franceses e ingleses— protagonizados por fenómenos eléctricos. Ayudándose de botellas de Leiden (botellas recubiertas de metal, tanto por el interior como por el exterior, que almacenaban electricidad; se trataba, por consiguiente, de un modelo primitivo de lo que posteriormente se denominaría «condensador»), Franklin llegó a la conclusión de que la electricidad era un fluido, que podía pasar de un cuerpo a otro mediante la transferencia de lo que suponía «cargas eléctricas» (la unidad de electricidad, el electrón, fue identificada por J. J. Thomson en 1897). El cuerpo que recibía esa carga quedaba cargado positivamente, mientras que el que la perdía se cargaba negativamente. Así pues, fue

el primero en introducir los conceptos de «carga eléctrica positiva» y «carga eléctrica negativa». En una carta que envió a Peter Collinson el 11 de julio de 1747, un documento importante para la historia de la electricidad, Franklin le explicaba un experimento que había realizado:



Benjamin Franklin, Joseph Wright (1782).
© *Superstock/Album*

> 1. Una persona de pie sobre cera, que se frote con un tubo [una forma de, en principio, electrizarse], y otra que también esté sobre cera y atraiga la chispa (siempre que no se toquen una a otra) parecen estar electrizadas para quien las observa desde el suelo. Recibirá esta persona una chispa cuando se aproxime a cualquiera de esas personas con los nudillos por delante.

2. Pero si las personas que están sobre la cera se tocan mientras se excita el tubo, ninguna parecerá electrizarse.

3. Si se tocan una a otra tras excitar el tubo y hacer saltar la chispa, tal como se ha dicho, se producirá una descarga entre ellas mayor que la que se produciría entre cualquiera de ellas y la tercera persona que esté en el suelo.

4. Después de la descarga, ninguna de ellas notará que está electrizada.

Para nosotros, todo este experimento significa lo siguiente: como se ha explicado, la corriente eléctrica es un elemento común que las personas descritas tienen en igual proporción antes de que se haga ninguna operación con el tubo. La persona A que está de pie sobre la cera y frota el tubo eléctrico recoge corriente eléctrica de ella misma y la lleva al tubo. Como su comunicación con la masa se interrumpe a causa de la cera, su cuerpo no vuelve a cargarse. B (que también está sobre la cera), al pasar los nudillos cerca y a lo largo del tubo, recibe la corriente recogida allí de A; y como su comunicación con tierra está también cortada por la cera, retiene la mayor cantidad que ha recibido. A la persona C, que está sobre el suelo, le parece que las otras dos están electrizadas, pues por tener solamente ella la cantidad media de corriente eléctrica, recibe una descarga al aproximarse a la persona B, que está sobrecargada, pero da otra cantidad a A, que tiene menos carga. Si A y B se aproximan y entran en contacto, la descarga es aún mayor porque la diferencia de carga eléctrica entre ellas es más grande. Después de ese contacto ya no salta más descarga entre ninguna de ellas y C porque se ha igualado la carga eléctrica en todas. Y si se tocan mientras se están cargando, la igualdad nunca se interrumpe y el fluido eléctrico se limita a circular. De esto hemos deducido algunas proposiciones. Decimos que B (y cualquier cuerpo en sus mismas condiciones) se electriza *positivamente*, A *negativamente*, o más bien que B se electriza *más* y B *menos*.

Franklin no se limitó a esta contribución (teórica, pero carente de aparato matemático) en el dominio de la electricidad. Es bien conocido que fue el inventor del pararrayos, al que aludía al comienzo de la anterior carta a Collinson:

Muy señor mío:

> Tal como le informaba en mi anterior carta, durante el transcurso de nuestras experiencias en materia eléctrica hemos observado algunos fenómenos especiales que para nosotros resultaban inéditos y de los que prometí darle noticia, aun a sabiendas de que quizá le resultarían familiares en atención a lo abundante de sus propias experiencias con agua.
>
> El primer efecto maravilloso que he observado es que los cuerpos afilados son especialmente idóneos para *atraer* y *repeler* electricidad.

Y a continuación le explicaba el experimento que había realizado.

Uno de sus escritos, no una carta, de 1753 contiene unas «Instrucciones para la construcción de pararrayos». Merece la pena citarlo:

> Dios ha permitido en su magnanimidad para con la humanidad que por fin se descubriese el sistema de defender las viviendas contra las calamidades de los rayos. El método para lograrlo consiste en lo siguiente: se coloca una varilla pequeña de hierro (puede valer la varilla que se utiliza para la fabricación de clavos), de tal largo que un extremo se clave en la tierra húmeda unos tres o cuatro pies y el otro sobresalga de seis a ocho pies sobre la parte más alta del edificio. En la parte alta de la varilla se conecta como un pie de alambre de latón del calibre del tamaño de las agujas corrientes de calceta y se afila su parte superior. La varilla se fija al edificio con unas cuantas grapas. [...] El edificio dotado con tal artilugio no será dañado por el rayo, que será atraído por las varillas puntiagudas y llegará a tierra por los cables, sin causar perjuicio alguno.

En otra de sus cartas a Collinson, del 19 de octubre de 1752, le explicaba que «la atracción del fuego eléctrico de las nubes por medio de varillas de hierro puntiagudas instaladas en edificios altos» podía lograrse de una manera diferente. Y pasaba a explicar su célebre experimento con una cometa.

Cuando se repasa la correspondencia de Franklin, tanto las cartas que envió como las que recibió, se constata los diversos campos en los que dejó alguna huella. Entre ellos mencionaré, por ejemplo, que en sus viajes transatlánticos identificó la corriente del Golfo: el 29 de octubre de 1769 informaba a Anthony Todd en este sentido, y años más tarde, en 1785, cuando regresaba de Francia a Norteamérica, realizó medidas que mostraban que la temperatura de la corriente disminuía con la profundidad, lo que venía a decir que se trataba de una especie de río que circulaba por el océano. Desde el barco en que viajaba, en agosto de 1875 escribía a David Le Roy que «esta corriente se genera probablemente por la gran acumulación de agua en la costa del este de América entre los trópicos, por los vientos alisios que circulan constantemente por allí». Otro invento suyo especialmente celebrado fue el de las lentes bifocales.

Mantuvo contacto con algunos de los científicos más destacados de su tiempo. Uno de ellos, de quien ya hemos hablado antes, fue Joseph Priestley, el teólogo y activista social que se convirtió en científico y que, perseguido en Inglaterra por sus heterodoxas ideas religiosas, se instaló en Norteamérica. Recordado especialmente por haber identificado el «aire desflogisticado», luego denominado oxígeno, Priestley conoció a Franklin en 1765, al comienzo de la segunda estancia de éste en Inglaterra (que se prolongó hasta 1770). En una carta que Priestley envió a Franklin el 1 de julio de 1772, le explicaba el famoso experimento que hizo con ratones:

Querido señor:

Imagino que ya habrá llegado a Londres y me gustaría aprovechar esta oportunidad para informarle que nunca he estado más ocupado, ni he tenido tanto éxito realizando experimentos como después de haber tenido el placer de verle en Leeds.

Estoy completamente seguro de que el aire que se ha convertido en altamente nocivo debido a la respiración [al emitir dióxido de carbono] recupera [sus propiedades] si se hace crecer en él ramitas de menta [que emiten oxígeno]. Probablemente recordará el floreciente estado en que vio una de mis plantas. El sábado después de que usted se fuese, puse un ratón en el aire en el que estaba creciendo [la planta] desde hacía siete días, y continuó allí durante cinco minutos sin mostrar ningún signo de molestia, tras lo cual lo saqué [del receptáculo cerrado en el que ratón y planta se encontraban], mostrándose bastante fuerte y vigoroso, mientras que un ratón murió después de apenas dos segundos cuando estaba en la misma cantidad de aire que se había mantenido en las mismas condiciones, pero sin ninguna planta dentro. El mismo ratón que vivió bien en el aire restaurado apenas se pudo recuperar tras permanecer no más de un segundo en el otro aire.

También conoció a Lavoisier. Fue durante los años en los que vivió en París (1776-1785), defendiendo como embajador los intereses de Estados Unidos, que pugnaban por afirmar su recientemente declarada independencia de Gran Bretaña. El 8 de junio de 1777, Lavoisier escribía a Franklin:

Sir:

Hemos reservado el próximo jueves, 12 de este mes, para repetir algunos de los principales experimentos del señor Priestley sobre los diferentes tipos de aire. Si usted está interesado en estos experimentos, nos sentiríamos muy honrados contando con su presencia. Proponemos comenzar a la una en punto y reanudarlos inmediatamente después de comer. Deseo sinceramente que pueda aceptar esta invitación; solamente estarán los señores Le Veillard, Brisson y Beront; demasiadas personas no son, en general, convenientes para el éxito del experimento.

Lo que decía en esta carta Lavoisier no carece de interés histórico, pues el tipo de «aire» que había identificado Priestley desempeñó un papel muy importante en la nueva química que creó Lavoisier, quien, recordemos, bautizó al «aire desflogisticado» de aquel como «oxígeno».

Globomanía

Los años que permaneció en París permitieron a Franklin asistir al nacimiento de un nuevo fenómeno: la «aerostación», o navegación aérea por medio de globos (aerostatos), tal y como se denominaría. La era de la navegación aérea comenzó en junio de 1783, cuando los hermanos Joseph-Michel y Jacques-Étienne Montgolfier lanzaron cerca de Lyon un globo no tripulado relleno de aire caliente, que se elevó a algo menos de dos kilómetros de altura. Franklin no asistió a aquella demostración, pero sí a la que se llevó a cabo a finales de agosto con un globo, también no tripulado, que utilizaba hidrógeno. El 30 de agosto, Franklin informaba de lo que había visto al botánico y viejo conocido suyo Joseph Banks (1743-1820), un personaje muy influyente en Inglaterra: fue presidente de la Royal Society desde 1778 hasta su muerte; amigo y consejero privado a partir de 1772 del rey Jorge III; participó en numerosos viajes, entre ellos el épico de James Cook, cuyo navío, el Endeavour, zarpó de Plymouth el 16 de agosto de 1768 (a su regreso, en julio de 1771, Banks traía consigo una espléndida colección de especímenes de historia natural y de etnología), y fue además un gran corresponsal (su correspondencia consta de más de veinte mil cartas, unas seis mil escritas por él). La carta de Franklin a

Banks decía:

Sir:

El miércoles 27, el Sr. Charles, profesor de Filosofía Experimental en París, repitió el nuevo experimento aerostático, inventado por los Sres. Montgolfier de Annonay.

Con lo que en Inglaterra se llama seda aceitosa, y aquí tafetán *gommée*, se formó un globo hueco de 12 de pies de diámetro, habiendo sido impregnada la seda con una solución de goma elástica en, según se dice, aceite de linaza. Las partes se pegaron con la goma mientras estaban húmedas, y parte de ésta se pasó después por las junturas, para hacer que fuese lo más hermético posible.

Después se lo rellenó con gas inflamable [era hidrógeno] que se produjo echando aceite de vitriolo sobre limaduras de hierro, hasta que se vio que tenía una tendencia tan fuerte a ascender como para poder levantar un peso de 39 libras, además de su propio peso, que era de 25 libras y del peso del aire que contenía.

Se le llevó por la mañana temprano al Campo de Marte, un lugar en el que a veces se realizan revistas militares, en la parte que se halla entre la Escuela Militar y el río. Allí se le mantuvo abajo sujeto con una cuerda hasta las cuatro de la tarde, cuando se dejó que se elevase, pero manteniéndolo aún atado a tierra. Antes de esa hora, se tuvo cuidado de reemplazar la parte de gas inflamable, o de su fuerza, que se había perdido, inyectando más.

Se supone que se reunieron no menos de cincuenta mil personas para ver el experimento. El Campo de Marte estaba rodeado de multitudes y había un gran número de personas en el lado opuesto del río.

A las cinco en punto se avisó a los espectadores disparando dos cañones y se cortó la cuerda. Y se vio al globo elevarse [...]. Hacía un poco de viento, pero no era muy fuerte. Lo había mojado algo la lluvia, de manera que relucía, dándole una apariencia agradable. Disminuyó en su tamaño aparente según iba elevándose, hasta que penetró en las nubes, cuando me pareció apenas mayor que una naranja, y pronto se hizo invisible, al ocultarlo las nubes.

La multitud se disgregó, todos muy satisfechos y muy felices con el éxito del experimento, y entreteniéndose en conversaciones sobre las posibles aplicaciones que se le pueden dar, algunas de las cuales eran muy extravagantes. Pero posiblemente abra el camino a algunos descubrimientos en filosofía natural que ahora no imaginamos.

Se puso una nota, asegurándose de que no la pudiese deteriorar el tiempo, detallando la hora y el lugar de su partida, y rogando a quienes lo pudiesen encontrar que enviasen un informe de su estado a ciertas personas de París. No se supo nada hasta el día siguiente, cuando se recibió información de que había caído poco después de las seis en Gonesse, un lugar a unas cuatro leguas de distancia; y que estaba rasgado, y algunos dicen que tenía hielo. Se supone que había explotado debido a la elasticidad del aire que contenía cuando éste ya no pudo comprimirse más en una atmósfera tan pesada.

El propio Sr. Montgolfier está preparando uno de 38 pies de diámetro, a cuenta de la Academia, que se elevará dentro de unos pocos días. Se dice que se construirá con lino y papel, y que se rellenará con un aire diferente, aún no hecho público, pero más barato que el producido por el aceite de vitriolo, del cual se necesitaron 200 pintas parisinas para rellenar el primero.

Se dice que, durante algunos días después de haberlo rellenado, se comprobó que el globo perdía una octava parte de su poder de ligereza en veinticuatro horas. Si esto es algo debido a imperfecciones en la impermeabilidad del globo o a un cambio en la naturaleza del aire, es algo que se podrá descubrir fácilmente mediante experimentos.

Pensé que era mi deber, sir, enviar pronto un informe de este extraordinario hecho a la Sociedad [la Royal Society de Londres] que me hace el honor de contarme entre sus miembros; y me esforzaré por hacerlo más perfecto según reciba más información.

Y añadía en una posdata:

Acabo de saber que algunos observadores dicen que el globo tardó ciento cincuenta segundos en elevarse, desde que se cortó la cuerda hasta que se ocultó en las nubes; que su altura era entonces de 500 toesas [medida francesa equivalente a 6 pies], pero que, al salirse de la perpendicular debido al viento, tuvo que inclinarse formando un triángulo, cuya base en la tierra era de unas 200 toesas. Se dice que los campesinos que lo vieron caer se asustaron mucho, pensando al verlo botar un poco cuando tocó tierra que había algún animal vivo dentro de él, y lo atacaron con piedra y cuchillos, de manera que quedó bastante destrozado; pero ahora ha sido traído a la ciudad y será reparado.

Se dice que el grande de M. Montgolfier será lanzado, desde Versalles, en unos ocho o diez días. No es un globo, ya que tiene

una forma diferente, más adecuada para penetrar el aire. Contiene 50.000 pies cúbicos y se supone que tiene una fuerza de elevación igual a un peso de 1.500 libras. Un filósofo de aquí, M. Pilatre de Rozier, ha solicitado formalmente a la Academia ir en él para realizar algunos experimentos. Se le alabó por su celo y coraje a favor de la promoción de la ciencia, pero se le advirtió que esperase hasta que la experiencia hiciese más conocidos y seguros a estos globos. Dicen que rellenarlo a la manera de M. Montgolfier no costará más de media corona. Alguien ha dicho que tendrá 110 pies de diámetro. Varios señores han encargado globos pequeños para su entretenimiento; uno ha encargado cuatro, cada uno de 15 pies de diámetro; no sé con qué propósito; pero tal es el entusiasmo por promover y mejorar este descubrimiento que probablemente pronto se realizará un progreso considerable en el arte de construir y utilizar estas máquinas.

Entre las conversaciones para entretenerse a que ha dado origen este tema, algunas suponen que con esto se ha inventado el vuelo, y que como las personas pueden ser mantenidas en el aire, lo único que falta son algunos instrumentos fácilmente disponibles para darles movimiento y para dirigirlos. Algunos piensan que con ellos se avanzará en los movimientos sobre la tierra, y que una persona o un caballo colgado o suspendido de uno de estos globos, de manera que no ejerza con sus pies más peso sobre el suelo que tal vez 8 o 10 libras, podrá, con un viento razonable, atravesar en línea recta países con la misma rapidez que el viento, y pasar sobre setos, zanjas y hasta sobre aguas. Incluso se ha imaginado que con el tiempo la gente tendrá estos globos anclados en el aire, y mediante poleas podrán subir carne de caza para conservarla en frío, y agua para que se congele cuando se desea hielo. Y para ganar dinero, se ofrecerá a la gente una amplia vista del país, subiéndolos en un sillón a una altura de una milla por una guinea, etc., *etc.*

No parece, sin embargo, que Banks quedase muy impresionado por las noticias que recibió de Franklin (y de otros); al menos esto es lo que se deduce de lo que escribió en su contestación a Franklin (en la que acuñó el término *ballonmania*, esto es, «globomanía»):

Creo que observo entre las partes más respetables de la Royal

Society una inclinación, que ha prevalecido, a protegerse de la *globomanía* [*ballonmania*] y a no apoyar a los globos por el mero hecho de que son capaces de elevarse en la atmósfera, hasta que se proponga que se realice con ellos algún experimento que pueda probablemente resultar beneficioso para la Sociedad o para la Ciencia.

El 13 de septiembre de 1873, Banks continuaba escribiendo a Franklin (se hallaba entonces en Lincolnshire, aunque puso como remite su casa londinense en Soho Square):

Estimado señor:

Al tener el poder de Responder con precisión a las numerosas cuestiones que me preguntan todo tipo de personas con referencia al Experimento Aerostático, que, tal como tenía que ser, son sugeridas por cada periódico que se imprime aquí, y considerando como parte de mis deberes el de Responder, es una Obligación por la que estoy en deuda con usted; una Obligación que considero de alcance no pequeño. Lamento que las vacaciones de la Royal Society no me permitirán Exponer inmediatamente su artículo ante ellos como Cuerpo, pero será la primera cosa que vean cuando nos reunamos de nuevo, en tanto que la Concisión e Inteligencia con la que está redactado impide la esperanza de recibir muchos más Satisfactorios.

Más agradables son las esperanzas que me da de Continuar Comunicando sobre este tema tan interesante. Considero este día, en el que se ha abierto un camino en el Aire, como una época a partir de la cual el rápido aumento del capital del Conocimiento real con el que la especie humana está equipada debe poner fecha; y el Efecto más inmediato que tendrá sobre los Intereses de la humanidad [será] mucho más grande que cualquier otra cosa desde la invención del Transporte Marítimo, que abrió nuestros caminos sobre la superficie de las aguas de País en País.

Si el Esfuerzo preliminar que ahora se ha hecho se encuentra con los avances que se han realizado en otras Ciencias, veremos usar esto como contrapeso a una Gravedad Absoluta, y un amplio carro con ruedas viajando solo con dos caballos en lugar de ocho; la reproducción de ese animal Competidor disminuida en algún modo; y las especies humanas incrementadas en proporción.

Había pensado en construir uno en cuanto vuelva de mi

presente destierro y enviarlo hacia arriba con el propósito de una Cometa Eléctrica, un uso al que me parece particularmente adaptado.

Siéntase satisfecho dirigiendo sus Atentas Cartas a Soho Square. Se me reenvían sin demora a donde quiera que me halle.

La «cometa eléctrica» que Banks mencionaba era uno de los experimentos más famosos de Franklin, al que ya aludí: volando una cometa durante una tormenta en 1752, fue capaz de cargar una jarra de Leyden y de producir chispas desde el extremo de una cuerda mojada, que sostenía con una cinta de seda aislante. A partir del trabajo original de Franklin sobre la electricidad, se desarrollaron los ya citados pararrayos.

Fue Franklin, en definitiva, uno de esos personajes a los que con justeza se puede denominar «irrepetibles», o cuando menos «extremadamente singulares».

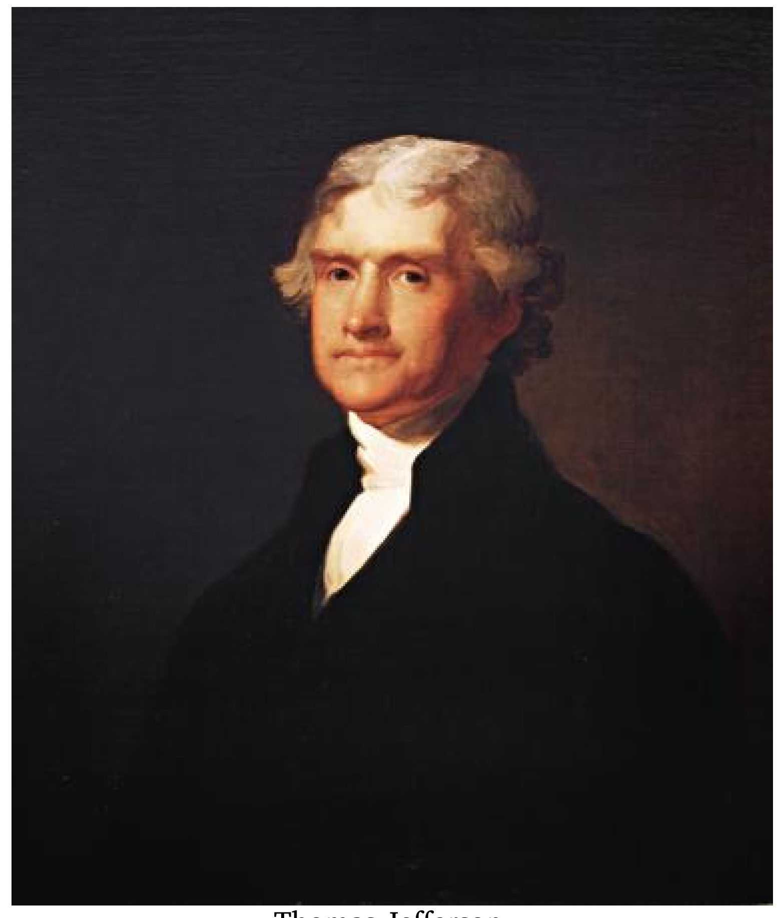
14
THOMAS JEFFERSON*

No han sido muchos los políticos que han mostrado el suficiente interés por la ciencia como para profundizar en algunos de sus apartados. Hemos visto que Napoleón fue uno de ellos, y que Benjamín Franklin se movió con parecida distinción en los campos de la política y la ciencia. Thomas Jeffferson (1743-1826), tercer presidente de Estados Unidos —ocupó el cargo entre 1801 y 1809— y principal responsable de la Declaración de Independencia, perteneció a ese reducido grupo. En su libro *Science and the Founding Fathers*, I. Bernard Cohen, maestro de historiadores, escribió:

> Seguramente Thomas Jefferson fue el único presidente de Estados Unidos que leyó los *Principia* de Newton. Consideraba a Isaac Newton una de las más grandes mentes que el mundo había producido. En su galería de inmortales en Monticello, asignó el lugar más elevado a un conjunto de tres retratos: Isaac Newton, matemático y filósofo natural; Francis Bacon, jurista y codificador de los métodos de la ciencia, y John Locke, filósofo del «sentido común» y autor del influyente *Two Theories of Government*.

Y el no menos eminente historiador A. Hunter Dupree escribía en su fundamental libro *Science in the Federal Government*:

> Thomas Jefferson fue «republicano puro, ilustrado al mismo tiempo en química, historia natural y medicina», así como «un Ciudadano del Mundo y el amigo de la paz universal y la felicidad». Englobó todos los rasgos principales de la ciencia de su tiempo, considerando el conocimiento como un único todo, moviéndose con gracia a través de temas diferentes, como si no existiesen barreras entre ellos. Tenía gran fe en la utilidad de la ciencia, no solamente los inventos prácticos, sino también en investigaciones tan esotéricas como la paleontología. Creía que la ciencia no tiene condicionamientos nacionales y que sus seguidores «forman una gran fraternidad que se extiende por toda la tierra».



Thomas Jefferson.
© *Joseph Martin/Album*

Jefferson escribió, además, un libro que contribuyó al conocimiento de los recursos naturales y la economía del estado de Virginia: *Notes on the State of Virginia* (1785); se trataba de una investigación-repertorio de los recursos naturales y económicos existentes en el estado de Virginia, en la que no faltaban referencias a científicos como Buffon, Newton o Benjamín Franklin.

Como muestra de la importancia que Jefferson daba a la ciencia, y a la técnica, he seleccionado unas pocas cartas suyas. La primera, una que envió el 24 de marzo de 1789, desde París, al doctor Joseph Willard, presidente de la Universidad de Harvard entre 1781 y

1804:

> En materia de arte, creo que dos compatriotas nuestros han presentado los inventos más importantes. Mr. [Thomas] Paine, el autor de *Common Sense*, ha inventado un puente de hierro que promete ser mucho más barato que los de piedra y admitir un arco mucho mayor. Él supone que puede aventurarse un arco de 500 pies. Ha obtenido una patente en Inglaterra y actualmente está realizando el primer experimento con un arco de entre 90 y 100 pies. Mr. [James] Rumsey ha obtenido también una patente para su método de navegación por la fuerza del vapor, en Inglaterra, y está solicitando una análoga aquí. Su principal mérito es el mejoramiento de la caldera y, en lugar de la complicada maquinaria de remos y palas propuesta por otros, su sustitución por algo tan simple como la creación de una corriente de agua en su embarcación. Actualmente está construyendo en Inglaterra una embarcación marina que estará lista para experimentarse en mayo. Ha sugerido un gran número de perfeccionamientos mecánicos en diversas ramas; y es, en conjunto, el genio mecánico más notable y original que he conocido. El regreso de [Jean-François de] La Peyrouse [marino francés] (cuando tenga lugar) contribuirá probablemente a nuestros conocimientos de geografía, botánica e historia natural. ¡Qué campo tenemos ante nosotros para distinguirnos! La botánica de América está lejos de ser agotada, su mineralogía está intacta, y su historia natural o zoología completamente equivocada o mal descrita. Que yo sepa, no hay una sola especie de ave terrestre común a Europa y América, y me pregunto si hay una sola especie de cuadrúpedos. (Con excepción de los animales domésticos.) Corresponde a instituciones como la que tan dignamente presidís hacer justicia a nuestro país, sus productos y su genio. Ésta es la labor donde deben afanarse los jóvenes que estáis formando. Hemos dedicado lo mejor de nuestras vidas a procurarles la preciosa bendición de la libertad. Dediquen ellos las suyas a demostrar que es la gran progenitura de la *ciencia* y de la virtud; y que una nación será grande en ambas en la medida en que sea libre. Nadie desea más ardientemente el éxito de vuestras buenas exhortaciones sobre la materia que quien tiene la honra de ser expresándoos sus sentimientos de gran estima y respeto, vuestro humilde y seguro servidor.

Alerta a todo aquello que pudiera ayudar al desarrollo científico y educativo de su país, Jefferson aprovechó que Joseph Priestley hubiese tenido que abandonar Inglaterra e instalarse en 1794 en Filadelfia

(uno más entre los no pocos que emigraron al Nuevo Mundo, pero sin duda el más distinguido en el campo de la ciencia). Así, el 18 de enero de 1800, desde su residencia de Monticello, Jefferson envió la siguiente carta a Priestley:

> Tenemos en Virginia un *college* (William and Mary) cuya dotación le permite a duras penas llevar la mísera existencia a que ha sido condenado por una mísera Constitución. Por si ello fuera poco, ocupa una posición excéntrica, expuesta a todas las enfermedades biliosas, como lo están todas las tierras bajas, y está, en consecuencia, tan privado de atenciones públicas como abandonado por sus habitantes de esa parte del país. Deseamos establecer en tierras altas y más centrales del estado una Universidad basada en un plan tan amplio, liberal y *moderno* que merezca un patrocinio con apoyo público e induzca a los jóvenes de otros estados a venir a beber de la copa del conocimiento y a confraternizar con nosotros. El primer paso es elaborar un buen plan; es decir, una juiciosa selección de las ciencias y un agrupamiento practicable de algunas de ellas y una ramificación de otras que permitan adaptar las cátedras a nuestras necesidades y costumbres. En una institución concebida principalmente con fines de utilidad pueden omitirse algunas ramas de la ciencia antaño estimada; e igualmente otras que ahora se valoran en Europa pero que a nosotros nos serán inútiles durante siglos. Como ejemplo de las primeras, los estudios orientales, y de las últimas, la casi totalidad de la institución propuesta al Congreso en el informe del secretario de la Guerra del día 5 del presente mes.
>
> Pues bien, no hay nadie que conozca esta cuestión tan bien como vos. No hay en el mundo nadie que os iguale en el dominio del tema, unido a un conocimiento tal de nuestras condiciones de existencia que os permite adaptar la prenda a quien ha de *pagarla y vestirla*. A vos, por consiguiente, dirigimos nuestras solicitudes, y para disipar lo más posible las ambigüedades de nuestro tema, me aventuraré incluso a esbozar las ciencias que juzgamos útiles y practicables, a medida que se me ocurren mientras doy curso a mi pluma. Botánica, química, zoología, anatomía, cirugía, medicina, filosofía natural, agricultura, matemáticas, astronomía, geografía, política, comercio, historia, ética, derecho, artes, bellas artes. Esta lista es imperfecta porque la hago apresuradamente y porque no estoy a la altura de la ocasión. Es evidente que algunos de estos artículos son excesivos para un solo profesor y deben, por consiguiente, ramificarse; otros pueden adscribirse en grupos a un

> solo profesor. Ésta es la parte difícil del trabajo, y exige una cabeza que conozca perfectamente la amplitud de cada rama, y los límites a los que puede circunscribirse para que la totalidad esté dentro de las posibilidades del menor número de profesores y, por ende, de los gastos que podemos permitirnos. Nuestra intención es que los profesores no tengan otro oficio, de manera que puedan consagrar todo su tiempo a las funciones académicas, y tenemos la intención de atraer de Europa, mediante poderosas tentaciones, a los personajes más significados en la ciencia, circunstancia que no sería necesario repetir una vez que el primer grupo haya adiestrado a sucesores adecuados y conferido buena reputación a la institución.

Tal vez Jefferson no quería únicamente los consejos de Priestley, sino atraerle al profesorado de la institución que planeaba, pero éste no aceptó; tampoco lo había hecho anteriormente con la oferta en 1794 de una cátedra de Química en Harvard (entonces sólo un *college*). Es posible apreciar parte de su reacción a las posibilidades que le ofrecía Jefferson a través de una carta que escribió, desde su casa en Northumberland (Pensilvania) el 3 de octubre de 1801, al clérigo y teólogo inglés Theophilus Lindsey, en la que, por cierto, Priestley le decía que «había enviado a Mr. Nicholson un artículo sobre experimentos con la pila de Volta»:[5]

> Me alegra que haya recibido una copia de las cartas que el Sr. Jefferson me ha escrito [...], usted quiere que visite al Sr. Jefferson, y no objeto a ello, pero no puede usted hacerse idea de las dificultades que implica la longitud del viaje. Sin embargo, si las ideas del Sr. Jefferson triunfan, estaré bastante inclinado a ir, especialmente porque podré predicar sin problemas. Pero me temo que el fanatismo de algunos, y el federalismo de otros, derrotarán el esquema y mis propios deseos están casi equilibrados. Estaré mucho más cómodo en casa.

Jefferson dirigió una carta especial, plena de añoranza, a su antiguo compañero de batallas en la búsqueda de la independencia del yugo extranjero, John Adams (1735-1826), primer vicepresidente de Estados Unidos, bajo el mandato de George

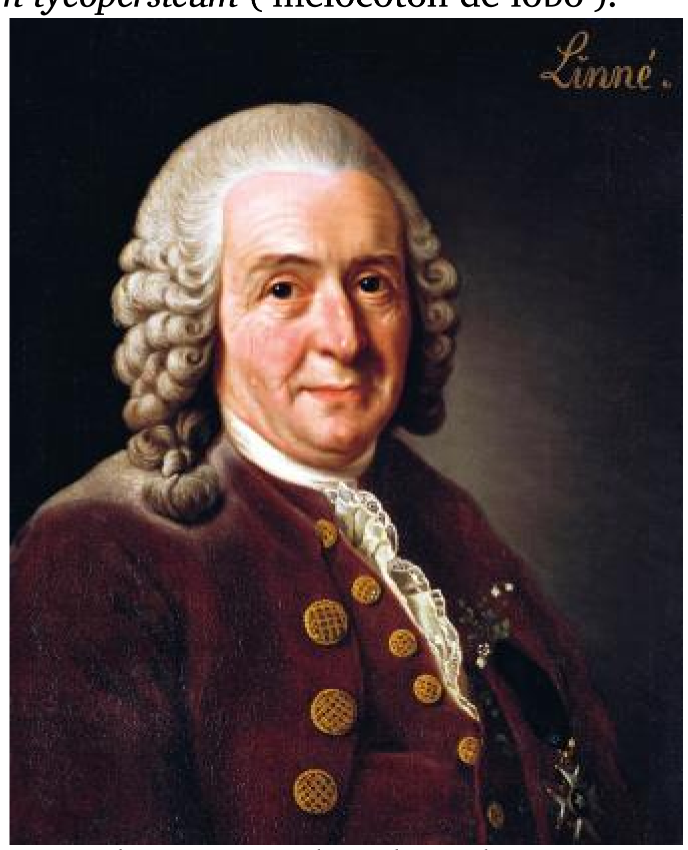
Washington, y luego segundo presidente. Aunque no fue un hombre de ciencia, como lo era Jefferson, apreciaba su valor como la forma más elevada de conocimiento; de hecho, fue el principal promotor de la American Academy of Arts and Sciences de Boston, y se había familiarizado con algunas materias científicas mientras estudiaba en el Harvard College. La carta que Jefferson envió a Adams desde Monticello, el 21 de enero de 1812, decía lo siguiente:

> El hecho de recibir una carta vuestra me trae recuerdos muy queridos. Me transporta de vuelta a los tiempos en que, rodeados de dificultades y peligros, trabajamos juntos por la misma causa, luchando por lo más valioso para el hombre, su derecho a gobernarse a sí mismo. Tirando siempre del mismo remo, siempre con una ola a proa amenazando con abrumarnos pero que al final pasaba, inofensiva, bajo nuestra embarcación, llegamos felizmente a puerto sin saber cómo habíamos superado sanos y salvos la tormenta. Aun allí, no esperábamos que desaparecieran los obstáculos y las dificultades; y los hubo. […] Cuando esto haya acabado, vendrá el reclutamiento forzoso de nuestros marinos, o alguna otra cosa; y así hemos avanzado, y seguiremos avanzando, perplejos y prosperando de manera sin parangón en la historia del hombre. Y creo en verdad que seguiremos gruñendo, multiplicándonos y prosperando hasta construir una sociedad poderosa, sabia y feliz, como nunca ha visto el hombre. En cuanto a Francia e Inglaterra, con toda su superioridad en la ciencia, la una es una cueva de ladrones, y la otra de piratas. Y si la ciencia no produce mejores frutos que la tiranía, el asesinato, la rapiña y la miseria de la ética nacional, preferiría que nuestro país fuera ignorante, honesto y estimable, como lo son nuestros vecinos los salvajes. Pero ¿adónde me está conduciendo la locuacidad senil? A la política, de la que me he retirado definitivamente. Pienso poco en ella, y hablo menos. He renunciado a los periódicos en beneficio de Tácito y Tucídides, de Newton y Euclides, y soy mucho más feliz.

UNIDOS POR LA NATURALEZA: LINNEO Y MUTIS*

Carl Linnaeus (1707-1778), conocido después de haber sido ennoblecido como Carl von Linné (Linneo castellanizado), es otro de los grandes nombres de la historia de las ciencias naturales que difícilmente será olvidado. Estudió en la Universidad de Uppsala, en la que comenzó a dar clases de botánica en 1730. Sin embargo, abandonó su patria y vivió en el extranjero entre 1735 y 1738, año en que regresó a Suecia como catedrático de Medicina en su *alma mater*, en la que desarrolló el resto de su carrera. De hecho, su primer gran libro, *Systema Naturae per regna tria naturae, secundum clases, ordines, genera, speciescum characteribis, diferentiis, synonymis, locis* (*Sistema natural, o los tres reinos de la naturaleza, según clases, órdenes, géneros y especies*; 1735), lo publicó en Holanda. En él estableció los principios que habrían de regir el sistema taxonómico de clasificación de especies. En las plantas (su verdadera especialidad), el método consistía en: 1) contar el número de estambres (órganos masculinos) para determinar la *clase*; 2) contar el número de pistilos (órganos femeninos) para determinar el *orden*. Era un método sencillo, al alcance de cualquiera: sólo había que contar. A continuación, creó un sistema para nombrar las especies, que presentó en otro libro, *Species plantarum* (1753): la denominada *nomenclatura binomial*, formada por dos nombres, el *género* y la *especie*. El género expresa la pertenencia a un grupo de plantas o de animales, mientras que la especie distingue a los del mismo género y puede venir definida por epítetos que se refieren a muy diversas cosas: origen geográfico, características cromáticas, estructura del organismo,

una persona, etcétera. Por ejemplo, *Solanum* es el término latino (el latín era el idioma que utilizaba, y exigía, Linneo) para un género —formado por aproximadamente 1.400 especies— que incluía árboles, arbustos y herbáceas; la patata, que pertenece a este género, se denomina *Solanum tuberosum* ('que produce tubérculos subterráneos'), y el tomate es *Solanum lycopersicum* ('melocotón de lobo').



Carl von Linneo, Alexander Roslin (1775).
© *Akg-images/Pictures From History/Album*

Para llevar a cabo su programa, cuyo alcance era inmenso, pues se trata de nombrar y clasificar a todos los organismos vivos presentes en la naturaleza, Linneo necesitaba ayuda de otros. Por ello recurrió a discípulos como Pehr Löfling (1729-1756), al que envió a España y América —falleció en Venezuela a la

temprana edad de veintisiete años—, al igual que a corresponsales extranjeros. Uno de éstos fue el gaditano José Celestino Mutis (1732-1808), seguramente el mayor naturalista que haya nacido jamás en España (entre sus muchas aportaciones figura la de haber organizado y dirigido una gran Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada). Después de ejercer como médico en España, en 1760 Mutis se trasladó a América, al Nuevo Reino de Granada, como médico de Pedro Messía de la Cerda, que acababa de ser nombrado virrey allí. En una carta que escribió desde Cartagena de Indias en mayo de 1763 a un corresponsal desconocido, Mutis explicaba algunos pormenores de su traslado a América:

> Desde que salí de Madrid me he entregado enteramente a un estudio serio de la historia natural, para cumplir con las miras que me propuse cuando tomé la resolución de pasar al Nuevo Mundo, con una suerte tan oportuna como la honrosa compañía de un virrey. Sin embargo, no he abandonado dichos estudios, en cuyos ejercicios me entretiene la obligación de mi facultad, y otro nuevo destino. Lo cierto es que, deseando juntar materiales para la relación completa de mi viaje, no me acomodo a dispensarme de todas aquellas cosas que pueden contribuir a ilustrar mis observaciones, especialmente en ciencias naturales; embebido en estas ideas he ido aumentando mi afición a estos estudios y puliendo aquellos rudos conocimientos que adquirí en España. En mi peregrinación desde Madrid a Cádiz recogí varias semillas, que remití a Suecia. Esta colección de semillas, que no pude hacer sin grandes trabajos, me facilitó la honrosa correspondencia del señor Linneo. Yo estaba en Santafé [la actual Bogotá], ciudad de mi destino, y corte de los virreyes del nuevo reino, cuando inesperadamente me hallé con una carta de aquel grande naturalista solicitando eficazmente mi correspondencia y franqueándome el título de miembro de la Academia de Upsal [Uppsala]; vea vuesamerced las primicias de mi trabajoso viaje.

La relación epistolar con Linneo tuvo un intermediario, Clas Alströmer, un discípulo de Linneo que estaba viajando por España, al que Mutis conoció en Cádiz en agosto de 1760. Muy poco después, el 6

de septiembre, Alströmer escribía a Linneo desde Sevilla informándole de que había conocido a Mutis, un médico muy interesado en botánica que se dirigía a América, portando en su equipaje algunas obras suyas, entre ellas *Philosophia Botanica* y *Systema Naturae*, que le había proporcionado otro discípulo de Linneo en Cádiz, Frédéric Logié (en reciprocidad, Mutis le regaló algunas plantas y semillas que había recogido en su viaje de Cádiz a Madrid para que se las enviara a Linneo). «Nada animaría más a este señor Mutis —aconsejaba Alströmer en su carta al maestro de Uppsala— que un recordatorio con algún consejo escrito de puño y letra por el señor Arquiatra [título que el rey de Suecia confirió a Linneo]. A cambio, él informaría al señor Arquiatra de sus investigaciones y le haría llegar algunas colecciones.»

Se sabe que Linneo escribió inmediatamente a Mutis en febrero de 1761, pidiéndole que fuese su corresponsal en Nueva Granada y que explorase el territorio colombiano, prometiéndole además que le nombraría miembro de la Academia de Ciencias de Uppsala. Sin embargo, los intercambios epistolares entre ambos, tan alejados geográficamente el uno del otro, resultaron muy difíciles con constantes pérdidas de cartas. En este sentido, el 6 de octubre de 1763 Mutis se dirigía a Linneo desde Santafé de Bogotá (la correspondencia entre ambos se hacía en latín):



José Celestino Mutis, Cipriana Álvarez de Durán de Machado (1882).

> He meditado muchas veces sobre qué puede, tan inesperadamente, haberme privado de su correspondencia, lo que no puedo atribuir a inconstancia o negligencia de mi parte. Estoy absolutamente seguro de no haber procurado lo más mínimo para privarme de sus cartas. Me aventuro, pues, a molestarlo con otra breve carta para expresarle mis ansiosas esperanzas de que mis anteriores hayan llegado a sus manos, y mis temores de que vmd. no conozca aún en cuánto aprecio su buena opinión. [...].
>
> He pedido últimamente a Mr. Bellmann [Pellman], cónsul sueco en Cádiz, el favor de que le salude en mi nombre, a fin de que no crea que lo he olvidado. Ahora seguro de conservar su amistad, pienso remitirle, muy pronto, copias de cuatro cartas que le he escrito en varias ocasiones.

Pero seguían sin llegarle cartas de Linneo, y el 24 de septiembre de 1764 Mutis volvía a la carga, refiriéndose a «aquella carta suya, tan llena de

bondades, que recibí cuando estaba pensando en entablar correspondencia con vuesamerced» y lamentándose de seguir sin noticias suyas. Señalaba asimismo:

> Recuerdo haberte escrito por segunda vez, en marzo de 1762, comunicándote algunas de mis observaciones sobre las hormigas americanas. Te mencionaba en esta carta mi ansiedad por conseguir la segunda edición de tu *Fauna Suécica*, de la que estuve muy necesitado. En el transcurso de julio, del mismo año, escribí a vuesamerced de nuevo, por la vía de Caracas [...]. Te adjunté algunas descripciones de plantas, con un informe de mi reciente viaje a Cartagena, en compañía del virrey.

Continuaba más adelante refiriéndose a otras misivas (hasta seis) que le había escrito y mencionaba que en la sexta, de enero de 1764, y «para que esta carta no le parezca completamente inútil», le había enviado «una lámina con algunas de las flores de la corteza de la *quina peruana*».

Esta es la carta que, por fin, recibió Linneo, quien respondió con otra (no datada):

> Carlos Linné saluda al ilustrísimo y expertísimo varón, el señor doctor José Celestino Mutis.
>
> Oportunamente recibí, hace ocho días, tu carta de fecha de 24 de septiembre de 1764, y me emocioné y alegré en alto grado con ella: contenía, en efecto, un bellísimo dibujo de la corteza de quina, junto con hojas y flores. Estas flores, que yo nunca había visto anteriormente, me dieron una verdadera idea de este rarísimo género, muy distinto de la que me había formado con las figuras del señor Condamine. Por todas estas cosas y por cada una en particular, te quedo profundamente agradecido.
>
> Si en adelante quisiera seguir favoreciéndome con sus cartas, te ruego que el encabezamiento venga dirigido a la Real Sociedad de Ciencias de Uppsala: así las recibiré con toda certeza, y además libres de gastos; por la última tuya tuve que pagar al correo nada menos que un ducado belga.
>
> En estos días ha entrado en prensa una nueva edición de *Systema Naturae*, que resultará casi dos veces más extensa que las anteriores. El primer tomo contiene más de seis mil animales, y lo mismo sucede con los demás. Espero que esta edición quede terminada antes de un año. Si tienes alguna cosa que aumente esta colección, te pido por favor que me la comuniques en tiempo

oportuno, y verás hecha una mención honorífica de tu nombre en cada caso.

Envío esta carta en un sobre dirigido al señor Pellman, porque ignoro por qué otro camino te pueda llegar con seguridad, pues veo por tu carta que no has recibido las mías, con excepción de la última.

Interesante es, asimismo, otra carta que Linneo dirigió a Mutis el 20 de mayo de 1774, casi un año después de la que le había remitido el gaditano:

> He recibido puntualmente en estos días tu carta con fecha del 6 de junio de 1773, con mayor gusto que nunca en toda mi vida, pues contenía una riqueza tal de plantas raras y aves que me he quedado completamente pasmado.
>
> Te felicito por su nombre inmortal, que ningún tiempo futuro podrá borrar.
>
> En los últimos ocho días he examinado, al derecho y al revés, de día y de noche, estas cosas, y he saltado de alegría tantas veces como aparecían plantas nuevas nunca vistas por mí.
>
> Plantas: N.º 21 [en el reverso de la carta de Linneo aparece una lista numerada de 146 nombres de plantas y animales]. La llamaré *Mutisia*. Jamás he visto una planta más rara: su yerba es de clemátide, su flor singenésica. ¿Quién había oído hablar de una flor compuesta con tallo trepador, zarcilloso, pinado, en este orden natural?
>
> […] Contesté puntualmente a tus cartas; me duele que no te hayan llegado […].
>
> No hagas nombres de géneros con los de tus amigos u otras personas que no tienen merecimientos en esta ciencia; en efecto, vendrá un tiempo en que los borrará, del modo que fácilmente prevén.

Mutis y Linneo hijo

La vida, la edad, no tiene en cuenta lo poco o mucho que las personas hayan podido ofrecer al patrimonio común de la humanidad, y Linneo sufrió, no mucho después de la anterior carta, el devastador paso del tiempo. Así lo explicaba su hijo, también de nombre Carlos Linneo, a Mutis el 6 de noviembre de 1777:

> Muchos años ha, varón muy célebre, que traigo frecuentemente a la memoria las hermosísimas cosas de Historia Natural que has remitido a mi padre, pero, entre todas, aquella hermosísima colección de plantas. Desde entonces no ha vuelto a recibir mi

padre otra carta, ni sabiendo en qué país te hallas ha podido escribirte. Fue para mí gustosísima la conversación que sobre este asunto tuve hace poco con nuestro cónsul de Cádiz, mi estimadísimo amigo el señor [Hans Jacob] Gahn, quien me refirió que todavía te hallabas en América; y me franqueó la ocasión de poderte escribir. Mi padre ha sufrido este año una apoplejía, que finalmente vino a degenerar en perlesía del lado derecho, de modo que no puede escribir ni aún leer; pero el entendimiento no está muy debilitado. Sus cargos públicos de la enseñanza de botánica, zoología, materia médica y dieta se me han transferido con permiso del rey; habiéndoseme constituido ya como profesor público de estas ciencias en la Universidad de Uppsala, y prefecto del huerto académico. Para cumplir y desempeñar bien estos cargos considero cuánto necesito y cuán útil me será (habiendo ya dado principio a mi profesión en este año) un amplio comercio literario con los eruditos de Europa. Sería para mí de mucho agrado el lograr entablarlo también contigo. El próximo año pienso hacer una nueva edición de *Systema Naturae*, y también un suplemento. Me agradaría mucho si para entonces quisieras mandarme algunas plantas, quedando a mi cuidado citarte en las que hallase nuevas.

¿Has logrado ver la nueva edición que hizo mi padre, y sus *Mantisas*, en que se halla citado su nombre frecuentemente? Si no tienes estas obras, te las remitiré luego.

He sabido que has encontrado nuevamente la *Cinchona* oficial cerca de Santafé. Quisiera tener un ejemplar de ella. Lo consiguió el señor Gahn, pero lo perdió en el camino. Tenemos también muchos remedios en las oficinas farmacéuticas (son las boticas) cuya naturaleza se ignora botánicamente, quiero decir, se ignoran las plantas de donde se toman. Usted, ¡oh! varón muy célebre, tienes la fortuna de habitar en ese felicísimo país en donde se pueden descubrir e ilustrar estas cosas.

Y a continuación detallaba algunas preguntas; por ejemplo:

¿De qué árbol se saca el *bálsamo* del Perú? […] ¿De dónde la goma elástica, o aquella resina *elástica*, que se dobla y estira como el cuero? […] En el país en que ahora te hallas, ¿crece por ventura aquella hermosísima planta que mi padre consagró a su nombre, llamándola *Mutisia*, según te anunció en otro tiempo? Si así fuere, quisiera pedirte otro ejemplar mejor; porque el que tenemos aquí está maltratado en la parte de la flor por las injurias del camino.

El gran Linneo no vivió mucho. Y la triste nueva

se la comunicó otro corresponsal de Mutis, que servía de intermediario en las difíciles comunicaciones epistolares entre América y Suecia, citado en la carta anterior: el naturalista y cónsul de Suecia en Cádiz Hans Jacob Gahn. En una carta fechada desde Estocolmo el 15 de abril de 1778 le escribió:

> Ya se murió el viejo Linné. Sé lo que lo sentirá vuesamerced, como lo sentimos todos, tarde tendrá su igual; pero su hijo, quedando con el gabinete, los manuscritos y la instrucción más inmediata, hará lo que pueda por mantener la claridad de aquel nombre y, si me atrevo a decirlo, la presidencia de aquella ciencia.

Mutis expresó su pesar al joven Linneo con una extensa carta, de la que no se conserva la fecha:

> Apenas puedo dar principio a esta carta por el golpe de lágrimas que bañan mis ojos en esta ocasión que recibo la tuya, ¡oh, varón humanísimo!, pensando yo en otros tiempos de escribirle lleno de gozo y complacencia. Al tiempo de abrir un pliego en que incluía mi amado hermano, que habita en Cádiz, una carta con inscripción de mano extranjera, aún no pudiendo cerciorarme de quién fuese; y leyendo la de mi hermano, con bastante sobresalto comencé yo a sospechar que estaba ya en peligro, o ya del todo extinguida, la vida preciosísima del caballero Linneo. En efecto, después de bien leída, me acabé de enterar con bastante pena que ya había muerto aquel grande hombre, como se anunciaba en los escritos públicos; quiero decir que falleció tu amado padre, cuya fiel amistad tuve el grande honor de cultivar por muchos años, venciendo la grande distancia que media entre los habitantes del polo y del ecuador.

Desgraciadamente, tampoco vivió mucho el joven Linneo, que tanto prometía. Falleció, de una enfermedad hepática, en 1783. Tenía cuarenta y dos años.

ALEXANDER VON HUMBOLDT, EL CIENTÍFICO QUE QUERÍA MEDIRLO TODO*

Salvo raras excepciones, los científicos se especializan en una sola disciplina; más aún, en una parcela de ella. Una de esas excepciones fue Alexander von Humboldt (1769-1859). Su manera de estudiar la naturaleza no conocía fronteras. Fue una peculiar combinación de viajero, aventurero, científico, político, antropólogo e incluso filósofo. Quería conocer y comprender el mundo terrestre —sin dejar de lado el «cósmico»—, pero de una forma global, no especializándose en algún pequeño rincón de ella, por mucho que su importancia fuese fundamental. Tuvo, además, todo para brillar en la vida. Todo, porque nació en el seno de una familia acaudalada, perteneciente a la pequeña nobleza prusiana, que le permitió recibir una buena educación, aunque bastante solitaria, pues al principio dependía sobre todo de tutores en la mansión familiar. Soledad atemperada por la compañía de su hermano, «el otro gran Humboldt»: Wilhelm von Humboldt (1767-1835), estadista, educador y lingüista, recordado en especial por haber fundado la Universidad de Berlín, apropiadamente llamada Humboldt-Universität zu Berlin (Universidad Humboldt de Berlín). Allí se encuentra una estatua suya, junto con otra de su hermano; entre ambos hay otra de Hermann von Helmholtz.

Goethe lo caracterizó bien cuando, conversando con Johann Peter Eckermann el 11 de diciembre de 1826, le dijo:



Alexander von Humboldt, Julius Schrader (1859).
© *Pictures From History/Universal Images Group/Album*

> Esta mañana ha pasado unas horas conmigo Alexander von Humboldt. ¡Qué gran hombre! Con lo mucho que hace que lo conozco y, sin embargo, ha vuelto a sorprenderme. Se puede decir que en lo relativo a sus conocimientos y sabiduría no tiene igual. ¡Y tampoco he visto nunca una naturaleza tan polifacética como la suya! No importa el tema que se trate, él siempre está familiarizado con todo y nos colma de tesoros intelectuales. Es como una fuente que mana de múltiples bocas: no hay más que poner muchos recipientes debajo, y su chorro siempre nos saldrá al encuentro refrescante e inagotable.

Por su parte, nada más y menos que Charles Darwin reconoció la importancia que tuvieron para él sus escritos: «Yo leo y releo a Humboldt. ¿Hace usted lo mismo?», escribió al botánico John Stevens

Henslow el 11 de julio de 1831 refiriéndose a uno de los libros de Humboldt, que se publicó en inglés en 1814-1829 bajo el título de *Personal Narrative of Travels to the Equinoctial Regions of the New Continent During the Years 1799-1804*. Y en su *Autobiografía* lo mencionó de la manera siguiente:

> Durante mi último año en Cambridge leí con atención y profundo interés *Personal Narrative* de Humboldt. Esta obra y la *Introduction to the Study of Natural Philosophy* de sir J. Herschel suscitaron en mí un ardiente deseo de aportar aunque fuera la más humilde contribución a la noble estructura de la ciencia natural. Ningún libro de la docena que había leído me influenció tanto como aquellos dos.

Y desde Río de Janeiro, entre el 18 de mayo y el 16 de junio de 1832, manifestaba en otra carta a Henslow:

> Aquí [en Rio Macao] vi el bosque tropical en toda su sublime grandeza. Nada, salvo la realidad, puede dar idea de lo maravilloso y magnificente que es esa escena. Nunca experimenté semejante placer tan intenso. Antes admiraba a Humboldt, ahora casi lo adoro; sólo él da una idea de los sentimientos que se han producido en mi mente al entrar por primera vez en los trópicos.

No todos entendieron su afán globalizador. Así, en una carta que envió a M. A. Picted desde Berlín, el 3 de enero de 1806, le decía:

> Por otro lado podréis justificarme de un reproche que se me hace. Se dice a menudo en sociedad que me ocupo de demasiadas cosas al tiempo, de botánica, de astronomía, de anatomía comparada. Respondo: ¿puede prohibírsele al hombre su deseo de saber, de comprender todo lo que le rodea? No se puede al mismo tiempo describir elementos de química y astronomía, pero se pueden hacer a la vez observaciones muy exactas de las distancias lunares y de la absorción de los gases. Para un viajero, la variedad de los conocimientos es indispensable. Y que se examine si, en los pequeños ensayos que he hecho respecto a las diferentes ramas, no me he dedicado completamente al tema, si no he tenido acaso la constancia de perseguir el mismo objeto (ver mi memoria con Gay-Lussac; mi obra acerca de los nervios; experiencias de cuatro años). Y para tener vistas generales, para concebir la relación de todos los fenómenos, relación que llamamos naturaleza, hay que conocer primero las partes y luego reunirlas orgánicamente bajo

> un mismo punto de vista. Mis perpetuos viajes han contribuido mucho a diseminarme sobre tantos objetos. Poco a poco, he ido viviendo con casi todas las gentes célebres de Europa, me he entusiasmado con sus trabajos y ellos me han contagiado sus gustos.
>
> En mi deseo totalizador, seguí una de las Máximas y reflexiones de Goethe: «Ningún fenómeno se explica de por sí; sólo muchos de ellos, contemplados conjunta y metódicamente ordenados, nos facilitan finalmente algo que puede pasar por una teoría».

La nómina de personajes que conoció Humboldt es abrumadora. En ella figuran Goethe, Darwin, Napoleón, Thomas Jefferson, James Madison, Simón Bolívar, Cuvier, Lamarck, John y William Herschel, Gay-Lussac, Gauss, Lyell, Babbage, Arago y Haeckel. Con Darwin se encontró en 1842, cuando acompañó al rey Frederick Wilhelm IV de Prusia a Inglaterra para asistir al bautizo del príncipe de Gales, el futuro rey Eduardo VII. El 29 de enero se encontraron en la casa londinense del geólogo Roderick Murchison. Darwin tenía treinta y dos años, pero ya había publicado su *Journal of Researches into the Geology and Natural History of Various Countries Visited by H.M.S. Beagle*, en el que contaba sus experiencias durante su viaje de casi cinco años en el Beagle.

Autobiografía para Carlos IV

Uno de los episodios más importantes de la vida de Alexander fue el viaje que realizó por América del Sur durante cinco años: desde el 5 de junio de 1799, cuando el barco en el que se trasladó zarpó del puerto de La Coruña, hasta el 1 de agosto de 1804, cuando llegó a Burdeos. Pero para que un extranjero pudiera viajar por los territorios americanos de la Corona española, necesitaba un permiso real. Gracias a semejante obligación disponemos de una pequeña autobiografía del entonces joven Humboldt, contenida en la carta que dirigió desde Aranjuez al rey de

España, Carlos IV, el 11 de marzo de 1799 y en la que le pedía permiso para viajar a los reinos españoles de América. De ella son los siguientes pasajes:

> Después de haber disfrutado de una educación muy cuidada en la casa paterna y de la enseñanza de los sabios más distinguidos de Berlín, terminé mis estudios en las Universidades de Gotinga y Frankfurt. Destinado entonces a la carrera de Hacienda, estuve durante un año en la Academia de Comercio de Hamburgo, establecimiento dedicado tanto a la instrucción de negociantes como a la de personas que debían servir al Estado en la dirección del comercio, de los bancos y de las manufacturas. El éxito poco merecido que tuvo mi primera obra sobre las montañas basálticas del Rin hizo desear al jefe de nuestras minas […] que me ofreciese al servicio de su departamento. Hice por entonces un viaje de mineralogía y de historia natural por Holanda, Inglaterra y Francia, bajo la dirección de George Forster, célebre naturalista, que había dado la vuelta al mundo con el capitán Cook. A él le debo los pocos conocimientos que poseo. A la vuelta de Inglaterra aprendí la práctica de la minería en Freiberg y en Harz.

Algunos descubrimientos que hizo entonces sirvieron para que el rey de Prusia le enviase a Polonia y al sur de Alemania para estudiar las minas de sal gema, misión en la que también se distinguió y que le reportó el nombramiento de director de minas de los Margraviatos de Franconia (una de las regiones de Baviera). Sus obligaciones en ese cargo le permitieron «visitar la alta cadena de los Alpes, el Tirol, la Saboya y el resto de la Lombardía». Pero también se vio involucrado posteriormente en misiones de índole política: cuando las tropas francesas avanzaron hacia la Franconia, fue enviado al cuartel general de Moreau para negociar sobre la neutralidad de algunos príncipes del Imperio, cuya protección había asumido el rey. Pero él deseaba hacer otras cosas, vivir una vida diferente:

> Teniendo un ardiente deseo de ver otra parte del mundo y de verla con la referencia de la física general, de estudiar no solamente las especies y sus caracteres, estudio que se ha hecho casi exclusivamente hasta hoy en día, sino la influencia de la

> atmósfera y de su composición química sobre los cuerpos organizados; la formación del globo, las identidades de las capas (estratos) en los países más alejados entre sí, en fin, las grandes armonías de la naturaleza, tuve el deseo de dejar por algunos años el servicio del rey y de sacrificar una parte de mi pequeña fortuna al progreso de las ciencias. Solicité mi licencia, pero S. M., en lugar de concedérmela, me nombró su consejero superior de Minas [en 1795], aumentando mi pensión y permitiéndome hacer un viaje de historia natural.

Pero tras la muerte de su madre en 1796, abandonó la Administración pública y comenzó a prepararse para los viajes. Reunió «una escogida colección de instrumentos de astronomía y de física, para poder determinar la posición astronómica de los lugares, la fuerza magnética, la declinación y la inclinación de la aguja imantada, la composición química del aire, su elasticidad, humedad y temperatura, su carga eléctrica, su transparencia, el color del cielo, la temperatura del mar a una gran profundidad, etc.». También realizó «algunos descubrimientos sorprendentes sobre el fluido nervioso y la manera de estimular los nervios por agentes químicos, aumentando y disminuyendo la irritabilidad a voluntad», lo que le llevó a estudiar Anatomía en la Universidad de Jena durante cuatro meses. Y trabajó durante cinco meses con los químicos de París.

A punto estuvo de viajar alrededor del mundo, invitado por el Ministerio de Marina francés, pero el proyecto fracasó por falta de fondos. Explicaba a Carlos IV:

> Decidí entonces irme a África para estudiar el monte Atlas; aguardé durante dos meses a mi embarcación en Marsella, pero los cambios del sistema político ocurridos en Argel me hicieron renunciar a este proyecto y tomé el camino de la península para solicitar la protección de S. M. Católica para un viaje a América, cuyo éxito colmaría mis deseos.

Gracias a sus buenas relaciones, Humboldt consiguió el permiso del rey. En América, viajando sin descanso de un lugar a otro, atravesando ríos y bosques casi impenetrables, escalando montañas, asomándose a los cráteres de volcanes, familiarizándose con la flora, fauna y habitantes indígenas, tuvo la oportunidad de realizar la gran visión de la naturaleza que seguramente se formó influido por Goethe, el literato amante de las ciencias, con quien se había relacionado durante su estancia en Jena. Algo de esa visión aparece en una carta que dirigió el 24 de enero de 1796 a Marc-Auguste Pictet (1752-1825), físico, químico y astrónomo de Ginebra:

> Me pedís que detalle los pequeños descubrimientos que he tenido la suerte de realizar sobre diversos objetos de botánica, de física y de fisiología general; me inspira usted coraje persuadiéndome de que mis flojos ensayos no serán olvidados del todo […]. Tengo demasiada vanidad para no ceder a sus peticiones, y no dudo en enviaros estas líneas, rogándole que las reciba con esa indulgencia que es siempre la prerrogativa del verdadero mérito. Han sido seis años, tras el viaje que hice a Inglaterra con George Forster, filósofo amable […], en los que no he cesado de ocuparme de observaciones físicas. He tenido la suerte de recorrer como minero una gran parte de las montañas de Europa; he estudiado la naturaleza bajo los puntos de vista más diferentes; he concebido la idea de una física del mundo.

«He concebido la idea de una física del mundo», decía, una frase que puede interpretarse en el sentido de que deseaba describir la naturaleza prestando especial atención a sus interrelaciones entre las diferentes fuerzas físicas. Y en ningún lugar u ocasión mostró más y mejor lo que quería decir que en su viaje a América, en el que le acompañó el botánico francés Aimé Bonpland (1773-1858). Allí los talentos de Alexander von Humboldt florecieron. Con frecuencia la ciencia se hace en el laboratorio (efectuando experimentos) o en el despacho

(construyendo teorías); Humboldt, por el contrario, la hizo en el campo, midiendo todo lo que podía medir (presiones atmosféricas, temperaturas, altitudes, coordenadas geográficas, campos magnéticos...), recogiendo plantas (recolectó unas 60.000, de las cuales 6.300 eran desconocidas en Europa) y estudiando pueblos y sus costumbres. En una palabra, hizo de la naturaleza su laboratorio. Se movió con igual soltura y afán en los dominios de la física terrestre y del aire, de la geología, la meteorología, la mineralogía, la geografía, la botánica, la etnografía, la política y la economía. Las monografías que publicó sobre Cuba y México constituyen un ejemplo particularmente transparente de su versatilidad e interdisciplinariedad: fueron los primeros estudios geográficos de esos lugares en términos de ciencia, política y economía.

América

El camino hacia América pasaba obligatoriamente por las islas Canarias y Humboldt llegó a Tenerife dos semanas después de haber partido de La Coruña. El 25 de junio (1799), desde el Puerto de la Orotava escribía a su hermano:

> ¡Regresé del Pico ayer, a la noche! ¡Qué espectáculo! ¡Qué gozo! Fuimos hasta el fondo del cráter; posiblemente más lejos que cualquier otro naturalista […]. No hay mayor peligro, pero uno se fatiga por el calor y el frío; en el cráter los vapores de azufre hirviendo agujeraban nuestra ropa y las manos se agarrotaban a 2 grados Réaumur. ¡Dios, qué sensación a esta altura (1.500 pies)!; sobre nosotros, la bóveda del cielo azul intenso; viejas corrientes de lava al pie; todo alrededor esta escena de desolación (3 millas cuadradas de piedra pómez) rodeada de bosques de laureles; abajo, a lo lejos, los viñedos entre los cuales se extienden ramilletes de plátanos hasta el mar, lindos pueblecitos sobre la costa, el mar y todas las siete islas, entre las cuales La Palma y la Gran Canaria poseen volcanes muy altos, que aparecían por debajo de nosotros como en un mapa geográfico. El cráter en el

cual estábamos no exhala más que vapores sulfurosos. La tierra está a 70 grados Réaumur. De las laderas sale la lava. También se encuentran pequeños cráteres como los que iluminaron toda la isla hace muchos años. Se oyó en esa época, durante dos meses, un ruido de descargas de artillería subterránea, y piedras del tamaño de una mano fueron lanzadas por el aire hasta 4.000 pies.

Treinta y dos años después, Charles Darwin llegó a Tenerife en el Beagle, al comienzo de su celebrado viaje. Y quiso hacer lo mismo que Humboldt: ascender al Teide. Pero les impidieron desembarcar. Se puede apreciar el desengaño que sufrió entonces en una carta que escribió entre el 8 de febrero y el 1 de marzo de 1832 a su padre desde Bahía, en Brasil:

El 6 de enero por la tarde llegamos al puerto de Santa Cruz. Me sentía ya moderadamente bien [había sufrido durante la navegación intensos mareos] y me imaginaba todas las delicias de fruta fresca creciendo en los bellos valles y leyendo las descripciones de Humboldt de las gloriosas vistas de las islas. Podrá imaginarse mi decepción cuando un pequeño hombre pálido nos informó que debíamos guardar una estricta cuarentena de doce días. Se produjo un silencio mortal en el barco, hasta que el capitán gritó «Up Jib», y abandonamos este largamente deseado lugar.

Las cartas que Humboldt escribió desde América abundan en todo tipo de detalles. Como su ascensión al Chimborazo, el volcán del Ecuador, cerca de Quito, que intentó los días 22 y 23 de junio de 1802. Fue acompañado de Bonpland y un amigo ecuatoriano, además de un pequeño grupo de lugareños, la mayor parte porteadores, ya que, como siempre, iba cargado de instrumentos científicos para sus medidas. Llegaron hasta los 5.917 metros, a escasos 300 metros de la cumbre, pero separados de ella por una inmensa grieta, que no tuvieron fuerzas para rodear. Fue terrible: mareados por la falta de oxígeno, los ojos inyectados en sangre, las manos casi congeladas, las encías sangrando, luchando contra la niebla, la nieve, las rocas. Más tarde, el 25 de noviembre, desde Lima,

describió al astrónomo francés Jean Baptiste Delambre algo de aquella odisea (utilizaba una unidad de longitud empleada entonces sobre todo por los franceses, la toesa, equivalente aproximadamente a 1,949 metros):

> Hasta ahora se ha creído en Quito que 2.470 toesas era la mayor altura que los hombres podían resistir, a causa de la rarefacción del aire. [...] En la expedición que hice el 23 de junio de 1802 al Chimborazo, hemos probado que con paciencia se puede aguantar una mayor rarefacción del aire. Llegamos 500 toesas más arriba que La Condamine (en el Corazón), llevamos instrumentos al Chimborazo hasta 3.031 toesas, viendo descender el mercurio en el barómetro 13 pulgadas 11,2 líneas, el termómetro estaba a 1,3º por debajo de cero. Nos sangraban los labios. Nuestros indios nos abandonaron como de costumbre. El ciudadano Bonpland y M. de Montúfar, hijo del marqués de Selvalegre, de Quito, fueron los únicos que resistieron. Todos sentimos un malestar, una debilidad, ganas de vomitar que seguramente provienen de la falta de oxígeno de estas regiones y de la rarefacción del aire. No encontré más de 0,20 [por ciento] de oxígeno a esta inmensa altura. Una grieta tremenda nos impidió llegar a la cima del Chimborazo para la cual nos faltaban 236 toesas solamente. Usted sabe que todavía hay una gran inseguridad respecto a la altura de este coloso, que La Condamine midió sólo de muy lejos, dándole aproximadamente 3.220 toesas, mientras que don Jorge Juan la anotó en 3.380 toesas.

Y no fueron los ecuatorianos los únicos volcanes a los que subió. En 1805, durante una visita que hizo a Italia, fue a Nápoles, y el 2 de agosto vio que el Vesubio entraba en erupción. En los días siguientes, lo ascendió seis veces.

En América, Humboldt, al igual que Darwin después, se enfrentó a peligros e incomodidades. El 3 de febrero de 1800 escribía al barón de Forell desde Caracas:

> Al llegar a La Habana o a Caracas, hemos reconocido en todas partes las huellas de la cultura europea, pero en este golfo de Cariaco donde los indios salvajes de los pantanos se acercan a 15 leguas, todo anuncia aún el imperio de la naturaleza. Los tigres, los cocodrilos, los propios monos no se espantan del hombre; los

> árboles más preciosos, los guyacanes, los mahagony, los bosques del Brasil, los campeches, los cuspa (quina) avanzan hasta la orilla y sus ramajes entrelazados obstaculizan a veces el abordaje. Aguas y aires están llenos de los pájaros más raros. Desde las boas que devoran a un caballo hasta el colibrí que se mece sobre el cáliz de las flores, todo aquí proclama cómo es de grande, potente y dulce, al mismo tiempo, la naturaleza.

Y el 23 de diciembre del mismo año, desde Nueva Barcelona explicaba al capitán general de Caracas, Guevara Vasconcelos:

> Es así que hemos terminado un viaje de más de 900 leguas, contando desde nuestra partida de Caracas. Durante más de tres meses hemos dormido en las orillas de los ríos, en los bosques más espesos, oyendo siempre los rugidos de los tigres y defendiéndonos contra sus ataques mediante fogatas encendidas alrededor de nuestras hamacas. La humedad del aire pudría todas las provisiones que llevábamos, de modo que nuestro alimento consistió en bananas, arroz, pescado y casabe más duro que una piedra. Los mosquitos, los zancudos, una cantidad enorme de chinches y hormigas irritaban nuestra sangre de una manera tanto más insoportable cuanto que, en caso de que nos encontráramos a orillas de un río caudaloso, quisiéramos bañarnos para refrescar nuestros cuerpos, no nos atrevíamos a intentarlo a causa de la ferocidad de los caimanes, las rayas, los caribes, los gymnotos, las culebras de agua y las boas.

En sus viajes por tierras americanas, Humboldt pudo disfrutar del grandioso espectáculo del cosmos. En una carta que envió al barón de Zach desde Cumaná, una ciudad del oriente de Venezuela, el 1 de septiembre de 1799, le decía que había tenido la oportunidad de contemplar el cielo desde una posición a caballo entre el hemisferio norte y el sur:

> ¿Cómo describiros la pureza, la belleza y el esplendor de este cielo en el que a menudo leo con la lente bajo el fulgor de Venus sobre el vernier de mi pequeño sextante? Venus desempeña aquí el papel de la Luna. Tiene grandes y luminosos halos de 2 grados de diámetro con los más hermosos colores del arco iris, hasta en casos en que el aire está completamente puro y el cielo del todo azul. Creo que es aquí donde el cielo estrellado presenta el espectáculo más hermoso y magnífico; porque más lejos del ecuador se sustraen a la vista las hermosas constelaciones del

> norte. Pero la bóveda estrellada del sur tiene también su propia belleza. El Sagitario, la Corona Austral, la Cruz del Sur, el Triángulo Austral, el Altar poseen bellísimas estrellas, y el Centauro puede medirse con nuestro Orión, de tal modo es hermosa su constelación; aquí la observo a una altura que me hace gemir y transpirar.

En Europa de nuevo

Cuando regresó a Europa desde América era aún un hombre joven (estaba a punto de cumplir treinta y cinco años). Tenía toda una vida por delante, que pasó, bien en su amado París o en Berlín, siempre sirviendo, en teoría al menos, a Prusia como diplomático (sus viajes americanos le habían dejado en una posición económica que le obligaba a recibir algún salario fijo). Aunque la fama lo rodeó crecientemente, no se dejó desviar de lo que para él era más que un trabajo: un proyecto de vida. Pero ya nada fue lo mismo. Incluso el viaje que hizo a Rusia en 1829 para participar en una expedición a los Urales con fines mineros y geológicos se pareció muy poco al americano. Y no pudo llevar a cabo dos proyectos muy queridos para él: explorar el Himalaya y viajar al interior de Asia; parece que la Compañía de las Indias Orientales se opuso a este proyecto, temerosa de que el viaje se emplease para descubrir nuevos recursos naturales de los que se beneficiasen otros.

Alejado de los complejos y extenuantes viajes, pudo ampliar sus ya de por sí omniscientes intereses. A William Whewell, hombre de muy variados conocimientos (geología, matemáticas, teología…), que lo llevaron a ser *master* del Trinity College de Cambridge, le escribió una carta (en francés) desde Sans Souci, cerca de Potsdam, el 14 de agosto de 1840. En ella comentaba las dos monumentales obras que éste había publicado, *History of Inductive Sciences*

(1837) y *Philosophy of Inductive Sciences* (1840), que darían mucho de que hablar, y durante mucho tiempo, entre historiadores y filósofos (Karl Popper, por ejemplo) de la ciencia:

Señor:

Soy extremadamente consciente del honor que me habéis hecho al enviarme su gran e importante obra sobre la *Philosophy of Inductive Sciences* (*Filosofía de las ciencias inductivas*). Sólo puedo merecer esta distinción por la viva admiración que desde hace muchos años he manifestado por su *History of Inductive Sciences* (*Historia de las ciencias inductivas*). Le he leído a usted no en la mediocre traducción del Sr. Littrow, sino en la lengua en la que me gusta leer a los que tienen poder en sus palabras Sabía que usted nos preparaba el goce de una obra filosófica apropiada para apreciar la seguridad de los métodos y la certidumbre sobre la que reposa nuestro conocimiento del mundo interior; he hablado sobre ello cálidamente al silúrico Sr. [Roderick] Murchison, y cómo le respetamos, y del excelente y respetable Sr. [Adam] Sedgwick, un amigo común, yo estoy muy satisfecho de la benevolencia con la que el Sr. Murchison le habrá revelado la curiosidad que me ha atormentado. Me gusta recordar además una velada muy agradable que nosotros pasamos juntos en casa del ilustre Cuvier, en la que el pensamiento fue más lógico que filosófico y que censuró algo en exceso todo lo que tendía más allá «de poner orden en las ideas». No me hará usted justicia, señor, si teme que yo pertenezca a esa secta de compatriotas míos que desdeñan a Bacon y le encuentran un poco *rococó*. Soy inocente de semejante desdén y ninguno de mis trabajos (si aún existen) muestra indiferencia por el *Novum Organun*. Debí comenzar justificándome delante de quien hoy en día honra con su nombre el «*college* de Bacon y Newton» [el Trinity College]. En cuanto al conjunto de su extensa obra, señor, me resulta imposible por ahora entrar en discusiones incompletas. Le escribo estas líneas desde lo alto de una pequeña «colina histórica», cuyo nombre puede recordarle distracciones y deberes de posición que en absoluto son literarios. No he conocido obra en los últimos diez años que haya excitado en tan alto grado mi vivo interés. Los capítulos de Filosofía y Ciencias Puras, la Morfología, las fuerzas vitales (uno de los numerosos mitos de nuestros fisiólogos), la mar tenebrosa de las tradiciones paleolíticas que usted ha navegado con noble independencia de espíritu, los métodos de inducción y el resumen histórico que usted da en el vol. II pp. 283-469, me han ofrecido lecturas llenas de interés y de atractivo

¡en los jardines de Sans Souci! Después de haberle seguido en sus ingeniosas investigaciones sobre los movimientos del océano, quiere uno seguirle a través de esas fluctuaciones de la inteligencia, variadas en función del espacio y del tiempo y sometidas sin embargo a retornos periódicos. Cuando se ven las cosas desde tan alto, como usted, señor, se permite la duda a los que, como yo, no saben más que rebuscar en las especialidades. No he visto todavía su gran obra a modo de esas selvas vírgenes (*Sylva sylvarum*) en donde se descubre la superficie ondulante cuando se sitúa uno en la cima de la cordillera. No he podido gozar aún más que de una ojeada general, pero su gran obra me acompañará en breve hacia el norte, debiendo seguir al rey en la prestación de los homenajes en Königsberg, donde encontraré dos ilustres sabios bien dignos de leerle, el Sr. Bessel y el gran geómetra Sr. Jacobi.

Aprovecho con complacencia esta ocasión, señor, para renovarle el homenaje de mi alta y respetuosa consideración.

El barón de Humboldt

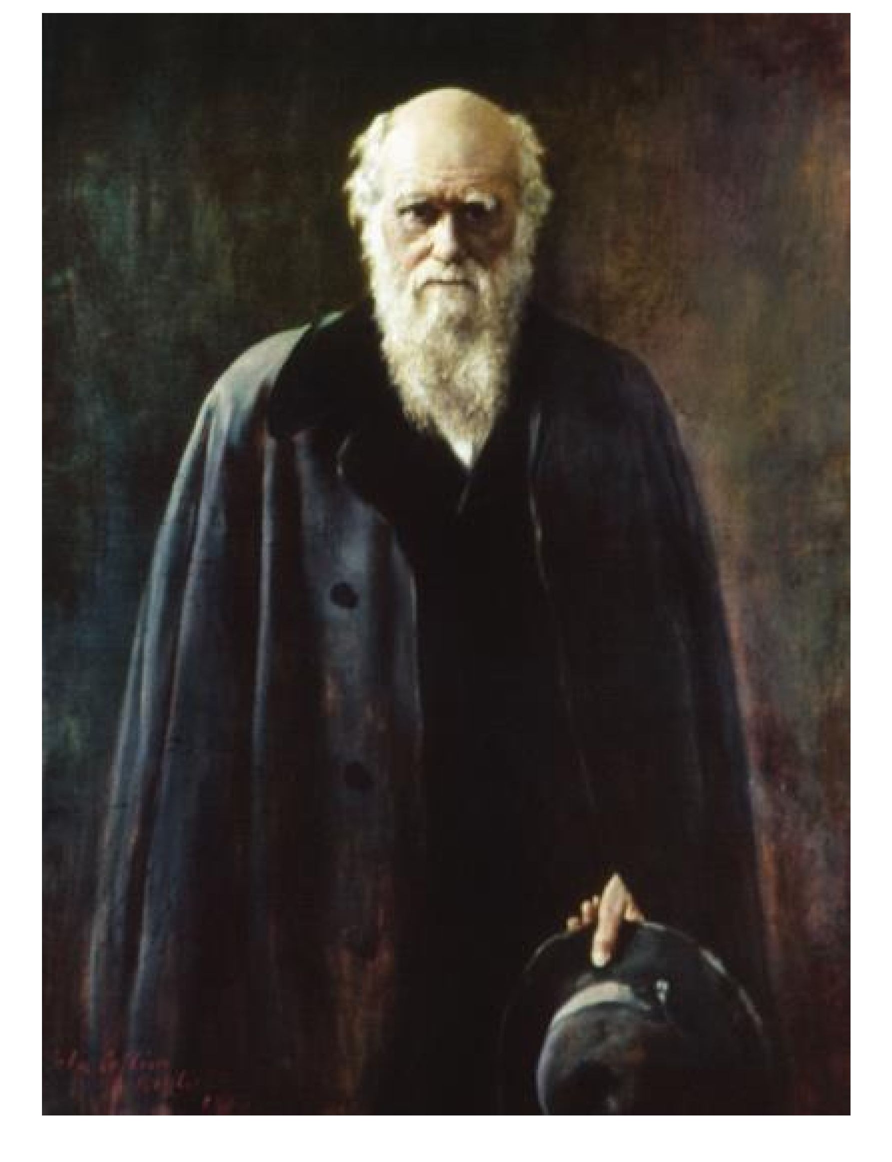
De esa «segunda» etapa de su vida nada brilla más que una obra a cuya escritura se dedicó con pasión: *Kosmos*, cuyo primer volumen apareció en Alemania en abril de 1845 (la muerte le llegó antes de ver publicado el quinto volumen). «Es el trabajo de mi vida —escribió al astrónomo y matemático Friedrich Wilhelm Bessel el 14 de julio de 1833—; debería reflejar mi concepción y visión de las relaciones sin explorar que se dan en la naturaleza, según mis propios experimentos y lo que con tanto trabajo he averiguado a través de lecturas en muchos idiomas.» En el Prefacio, firmado en Potsdam en noviembre de 1844, Humboldt dejó claro qué pretendía con esta magna obra: «En el *Cosmos* […] he procurado patentizar que no es absolutamente inconciliable la descripción ajustada y exacta de los fenómenos con la pintura viva o animada de las imponentes escenas de la creación».

17
DARWIN Y EL CAMINO HACIA *EL ORIGEN DE LAS ESPECIES**

El nombre de Charles Darwin (1809-1882) figura entre los científicos más importantes de la historia de la ciencia. Se podría debatir si sus trabajos y teorías —y a la cabeza de éstas, la del origen de las especies mediante selección natural— son, desde el punto de vista de la dificultad, originalidad y fecundidad científica, más o menos importantes que el sistema geométrico de Euclides, que la dinámica y teoría gravitacional de Newton, que la nueva química que creó Lavoisier, que la relatividad de Einstein, que la física cuántica o que la teoría biológico-molecular de la herencia. Sin embargo, es fácil afirmar que ninguna de esas contribuciones logró lo que consiguieron las de Darwin: desencadenar una serie de procesos que afectaron a algo tan básico como nuestras ideas acerca de la relación entre nuestra especie, *Homo sapiens*, y otras formas de vida animal que existen o han existido en la Tierra. En este sentido, Darwin abordó cuestiones que van dirigidas a la médula de la condición humana.

Expresado muy brevemente, Darwin sustanció con diversas evidencias la idea, que otros habían propuesto antes que él, de que las especies evolucionan y encontró además un mecanismo que hacía plausible tal evolución. Defendió que la vida es como un árbol, de cuyas raíces han ido brotando diferentes ramas, esto es, especies (emparentadas por su conexión con el tronco común) que siguen diversificándose con el tiempo y originan otras

«ramas» bajo determinados condicionamientos, como las mutaciones genéticas espontáneas (esto Darwin no lo supo). Tras intentar encajar las piezas (botánica, zoología, taxonomía, anatomía comparada, geología, paleontología, cría doméstica de especies, biogeografía…) del gigantesco rompecabezas que es la naturaleza, y estimulado por la noticia de que Alfred Wallace (lo veremos en otro capítulo) había llegado a conclusiones similares aunque no tan sustanciadas, en noviembre de 1859 publicó un libro que forma parte del tesoro más precioso de que dispone la humanidad: *On the Origin of Species by means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life* (*El origen de las especies por medio de la selección natural, o la preservación de las razas favorecidas en la lucha por la vida*). Doce años más tarde, en 1871, se atrevió a aplicar explícitamente a los humanos las lecciones de *The Origin* y las reflejó en otro de sus grandes libros, *The Descent of Man* (*El origen del hombre*), donde despojaba a los humanos del lugar privilegiado que hasta entonces habían ocupado.



Charles Darwin, John Collier (1883).
© *Granger, NYC/Album*

Pero el camino que lo llevó a su teoría y libro no fue ni fácil ni breve. Veámoslo.

La idea de la variación en las especies

En marzo de 1837, John Gould, un taxónomo de la Zoological Society, mientras estudiaba las aves

recogidas por Darwin en las Galápagos —una de las últimas escalas del Beagle, el bergantín de 245 toneladas y 27 metros de largo en el que había zarpado el 27 de diciembre de 1831 en un viaje que cambiaría su vida—, identificó varias especies de pinzón terrestre, cuyos picos se habían adaptado para comer insectos, cactus o semillas. Pensó entonces que estas variedades de pinzones (también estudió sinsontes) probablemente vivían cada una en islas diferentes, pero no podía asegurarlo porque Darwin no indicó en la etiqueta dónde las recogió. Las observaciones de Gould dieron pie a Darwin para considerar si las semejanzas entre los pinzones de las diversas islas no serían restos de un antepasado común. Como resultado, entre abril de 1837 y septiembre de 1838, llenó varios cuadernos de notas con observaciones e ideas sobre un amplio abanico de temas. Se trata de los conocidos como «Cuaderno Rojo», el primero, al que siguen los Cuadernos A, dedicado exclusivamente a la geología; B, que se limita a cuestiones evolutivas al igual que los C, D y E; además, están los Cuadernos M y N, una serie independiente de la anterior e iniciada al mismo tiempo que el Cuaderno D, que contienen reflexiones más «metafísicas». En uno de estos cuadernos de notas, en la página 36 del Cuaderno B, que comenzó a escribir en junio o julio de 1837, aparece un esquema que casi siempre se reproduce en las obras dedicadas a Darwin: unos trazos semejando un árbol con ramas de las que brotan otras ramas; es el árbol de la evolución o de la vida.

Con esto Darwin estableció definitivamente ideas que ya albergaba sobre la «no estabilidad» de las especies. En una carta que envió el 11 de enero de

1844 al botánico Joseph Dalton Hooker (1817-1911), expresó con claridad sus pensamientos:

> Me impresionó tanto la distribución de los organismos de las Galápagos [...] y [...] el carácter de los mamíferos fósiles de América [...], que decidí reunir a ciegas toda suerte de hechos que pudieran tener que ver de alguna forma con lo que son las especies. He leído montones de libros de agricultura y horticultura, y no he parado de recoger datos. Por fin han surgido destellos de luz, y estoy casi convencido (totalmente en contra de la opinión con la que empecé) de que las especies no son (es como confesar un crimen) inmutables. El cielo me libre del disparate de Lamarck de «una tendencia al progreso», «adaptaciones debidas a la paulatina inclinación de los animales», etc., pero las conclusiones a las que he llegado no son muy diferentes de las suyas, aunque sí lo son por completo los instrumentos del cambio. Creo que he descubierto (¡esto es presunción!) la simple forma por medio de la cual las especies devienen exquisitamente a adaptarse a varios fines.

«Es como confesar un crimen», decía.

La referencia a Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet, caballero de Lamarck (1744-1829) («El cielo me libre del disparate de Lamarck»), es apropiada para señalar algo que debería ser bien sabido: que hubo otros que creyeron en la variación de las especies antes que Darwin; de hecho, él mismo lo reconoció en *El origen de las especies*. Ahora bien, una cosa era reconocer que las especies cambian y otra identificar algún mecanismo para que sucediera esto. En otras palabras, era necesaria una teoría que diese sentido a la evolución; no bastaba con las observaciones que hizo durante el viaje en el Beagle, ni lo que luego aprendió sobre los cambios producidos por la selección artificial de animales domésticos. Darwin encontró la clave en las ideas del economista Thomas Robert Malthus (1766-1834), tal y como éste

las había expuesto en su ensayo de 1826: *An Essay on the Principle of Population* (*Ensayo sobre el principio de la población*). En su autobiografía, Darwin explicó lo que significó para él aquella obra, más concretamente lo que en ella se decía sobre «el desajuste» entre el rápido aumento, en progresión geométrica, de la reproducción de los seres vivos y la mucho más lenta de los recursos naturales:

> En octubre de 1838, es decir, quince meses después de haber iniciado mi indagación sistemática, leí por casualidad el libro de Malthus *Sobre la población*, y como, debido a mi larga y continua observación de los hábitos de los animales y las plantas, me hallaba bien preparado para darme cuenta de la lucha universal por la existencia, me llamó la atención enseguida que, en esas circunstancias, las variaciones favorables tenderían a preservarse, y las desfavorables a ser destruidas. El resultado de ello sería la formación de nuevas especies.

Con la base teórica que le proporcionó Malthus, Darwin continuó tomando notas y explorando nuevas vías de pensamiento. En el verano de 1842 pensaba que sus investigaciones habían llegado a un punto tal que estaba preparado para escribir un esbozo de su teoría de las especies, basada en un principio que denominó «selección natural».

Geología y la ayuda de botánicos: Joseph Dalton Hooker y Asa Gray

Para llegar a elaborar su teoría de la evolución de las especies, Darwin necesitó de diversas disciplinas. Una de ellas fue la geología, en la que ya había ahondado durante el viaje en el Beagle. Poco antes de que éste zarpase, John Henslow, catedrático de Mineralogía y de Botánica en Cambridge, recomendó a Darwin que

se llevara el primer volumen de *Principles of Geology*, de Charles Lyell (1797-1875), que acababa de aparecer (se publicó en 1830 y el tercero, y último, apareció en 1833). Lyell fue el principal responsable de la introducción y el desarrollo del denominado «principio del uniformismo», que mantiene que las rocas y las formaciones geológicas terrestres son resultado de procesos ordinarios que ocurren paulatinamente, día a día, y que suman a la postre largos períodos.

Como explicó Darwin en su autobiografía, estudió la obra de Lyell «atentamente»; el primer lugar que examinó, Santiago, la mayor de las islas del archipiélago de Cabo Verde, le «mostró con claridad la maravillosa superioridad del tratamiento de la geología por parte de Lyell en comparación con cualquier otro autor cuyas obras llevaba conmigo o había leído anteriormente». Antes, en una carta que dirigió el 29 de agosto de 1844 al geólogo *amateur* (y suegro de Lyell) Leonard Horner, había manifestado que «siempre tengo la sensación de que mis libros salen a medias del cerebro de Lyell y que nunca lo reconozco suficientemente, ni sé cómo puedo, sin decirlo en tantas palabras, pues siempre he creído que el gran mérito de *The Principles* [*of Geology*] era que alteraba el tono completo del propio pensamiento y, por consiguiente, que cuando se veía una cosa nunca vista por Lyell, uno lo seguía viendo parcialmente a través de sus ojos».

La influencia y atracción que el texto de Lyell ejerció sobre Darwin es tal que durante algún tiempo Charles se consideró más un geólogo que un naturalista. Así, en una nota incluida en sus cuadernos de notas (*Notebooks*) se lee: «Yo, un geólogo, tengo

una pobremente definida noción de la tierra cubierta de océano, de los animales antiguos, de las lentas fuerzas que rompen la superficie, etc.». Recordemos, además, que su primera contribución después de regresar de su viaje en el Beagle fue un artículo sobre la elevación de los fondos marinos, relacionada con el origen de los Andes, un trabajo que le dio reputación como geólogo de mérito.[6] En 1842 publicó *The Structure and Distribution of Coral Reefs* (*La estructura y distribución de los arrecifes de coral*), en donde presentó su teoría sobre la formación de estos arrecifes.

Hay que tener en cuenta, por otra parte, que Darwin necesitaba del análisis geológico para datar los fósiles que encontraba; de hecho, uno de sus grandes problemas a la hora de defender su teoría de la evolución era que, si las especies habían ido transformándose lentamente, deberían encontrarse fósiles que mostrasen esas transiciones graduales. En este sentido, en el capítulo 6 de *El origen de las especies*, dedicado a «Dificultades de la teoría», escribía: «Como, según esta teoría, tienen que haber existido innumerables formas de transición, ¿por qué no las encontramos enterradas en número sin fin en la corteza terrestre?», y añadía de inmediato que discutiría tal cuestión en otro capítulo (el 9) y que «aquí diré sólo que creo que la respuesta estriba principalmente en que los registros son incomparablemente menos perfectos de lo que generalmente se supone. La corteza terrestre es un inmenso museo; pero las colecciones naturales han sido hechas de un modo imperfecto y sólo a largos intervalos».

Otra de las ciencias de la que necesitaba detalles era la botánica. Y al no estar formado en este dominio

(aunque finalmente realizaría contribuciones más que notables a este campo), buscó la ayuda de especialistas; de dos sobre todo: el ya citado Joseph Dalton Hooker y el norteamericano Asa Gray (1810-1888). Necesitaba esa ayuda como un elemento imprescindible para reunir las piezas del gran rompecabezas en el que estaba ocupado, el de explicar los orígenes y las relaciones entre todas las manifestaciones de la vida, entre las especies animales al igual que las vegetales.

Hooker, especialista en taxonomía y geografía de plantas, fue un amigo fiel de Darwin durante casi cuarenta años. Hijo del también botánico William Jackson Hooker, fundador y director de los Jardines Reales Botánicos y del herbario de Kew (este puesto lo heredaría Joseph Dalton en 1865 y lo mantuvo hasta 1885), el joven Hooker admiraba a Darwin desde que leyó las pruebas de imprenta (que le proporcionó su padre) del libro sobre sus viajes en el Beagle. Como Darwin, Hooker comenzó a estudiar Medicina a regañadientes, pero abandonó los estudios para enrolarse como ayudante de cirujano y naturalista en un viaje a la Antártida con el barco Erebus. Cuando regresó, Darwin le pidió que estudiara las plantas de las Galápagos y viese si mostraban semejanzas con las especies autóctonas de otra isla remota, la de Santa Elena. Merece la pena citar la carta que Darwin dirigió a Hooker en noviembre (el 13 o el 20) de 1843, con la que se inició realmente la colaboración entre ambos:

> Estimado señor:
>
> Albergaba la esperanza, antes de ahora, de haber tenido el placer de verle y felicitarle por su seguro regreso de su largo y glorioso viaje.
>
> Pero ya que rara vez voy a Londres, no podremos vernos

durante algún tiempo si usted no asiste a las reuniones geológicas.

Tengo ganas de saber lo que piensa hacer con todo su material. Me gustó tanto leer parte de algunas de sus cartas que sentiré mucho si, como uno más del público, no tengo la oportunidad de leer muchas más. Supongo que está muy ocupado ahora y lleno de goce; qué bien recuerdo la felicidad de mis primeros meses en Inglaterra; merecieron la pena todas las molestias de las muchas de las tormentas. Pero me estoy yendo del tema que me lleva a escribirle, el de expresar mi placer porque [John] Henslow (como me informó hace unos pocos días por carta) le ha enviado a usted mi pequeña colección de plantas. No puede imaginar lo satisfecho que estoy, pues temía que se hubieran perdido todas y, aunque pocas, me costó mucho conseguirlas. Hay unas pocas notas, que creo que Henslow le ha conseguido, que describen el hábitat de algunas de las plantas más notables. Presté particular atención a las flores alpinas de Tierra del Fuego y estoy seguro de que conseguí todas las plantas que había en flor en la Patagonia, en las estaciones en las que estuvimos allí. He pensado mucho y creo que algún esquema general de la flora de esa región de la Tierra, que tanto se extiende por los mares del sur, sería muy interesante. Haga observaciones comparativas sobre las especies relacionadas con las especies europeas, para provecho de los ignorantes en botánica como yo mismo. Siempre me ha llamado la atención, como un aspecto curioso, descubrir si hay muchos géneros europeos en T. del Fuego que no se encuentren a lo largo del borde de la cordillera; la separación en tales casos sería enorme. Señale en un esbozo que usted redacte qué géneros son americanos y cuáles europeos, y en qué medida las especies son diferentes cuando los géneros son europeos, en consideración a los ignorantes.

Espero que Henslow le envíe mis plantas de las Galápagos (sobre las que incluso Humboldt me expresó una gran curiosidad); me costó mucho recolectar todas las que pude. Una flora de este archipiélago ofrecería, supongo, un caso paralelo al de Santa Elena, que ha excitado el interés durante mucho tiempo.

Le ruego perdone esta larga e irregular nota, y considéreme, mi estimado señor.

Sinceramente suyo.

A partir de entonces Hooker sería uno de sus amigos más íntimos y leales. Fue, de hecho, uno de los

pocos a los que confió sus ideas evolucionistas.

El otro gran botánico al que recurrió Darwin fue Asa Gray, catedrático de la Universidad de Harvard y uno de los especialistas más eminentes de la botánica del siglo XIX. Fue Hooker quien ayudó a Darwin a que se diese cuenta del talento de Gray. No se trataba, por supuesto, de talento a secas, sino de talento conocedor de un medio, el norteamericano, necesario para su empresa evolucionista. Darwin, en efecto, elegía bien sus contactos; siempre fue una persona sagaz a la hora de escoger sus relaciones.

El 25 de abril de 1855, Darwin se dirigía a Asa Gray desde su casa de Down:

> Estimado señor:
>
> Espero que recuerde que tuve el placer de serle presentado en Kew. Quiero rogarle un gran favor, por el cual bien sé que no puedo ofrecerle disculpa alguna. Pero el favor, creo, no le causará muchas molestias y me resultará muy útil. Dado que no soy botánico, parecerá tan absurdo que le plantee cuestiones sobre botánica que me gustaría indicar como premisa que durante varios años he estado coleccionando hechos sobre «variación», y cuando descubro que alguna observación general parece cumplirse entre los animales, intento probarla en las plantas.
>
> Mi mayor curiosidad se refiere a la flora alpina de Estados Unidos, y he copiado de su Manual la lista adjunta [se trataba del influyente *Manual of the Botany of the Northern United States from New England to Wisconsin and South to Ohio and Pennsylvania Inclusive* de Gray]; ahora necesito saber si usted sería tan amable de añadir de memoria (ni por un instante tengo la presunción de desear que consulte a otras autoridades) los otros hábitats o zonas de distribución de esas plantas…
>
> Veo que hay 22 especies comunes a los Mts. Blancos y a los de Nueva York, ¿podría decirme qué anchura de tierras bajas, en las cuales no pueden crecer estas plantas alpinas, separa estas dos montañas? Apenas puedo juzgar, pues la altura no está marcada en la prolongación de las montañas de Vermont.
>
> Me aventuro a pedirle una información más; a saber, si usted ha publicado en algún lugar una lista de las especies de fanerógamas comunes a Europa, como se ha hecho con las

conchas y las aves, de manera que un no botánico pueda opinar un poco sobre la relación de las dos floras. Dicha lista sería de extremo interés para mí desde varios puntos de vista, y me imagino que también para otros. Supongo que en su Manual no habrá más que unos pocos centenares de las 2.004 especies. ¿Pensaría que es muy presuntuoso por mi parte sugerirle que publique (si no lo ha hecho ya) dicha lista en alguna revista? Lo haría yo mismo, pero con toda seguridad incurriría en muchos errores. Puedo asegurarle que me doy cuenta de lo presuntuoso que puede resultar que yo, un no botánico, le haga incluso la más insignificante sugerencia a un botánico como usted; pero de lo que he visto y he oído sobre usted de nuestro querido y amable amigo Hooker, espero que me perdone, y creo que lo hará. Con todo mi respeto.

Vemos cuán cortés era Darwin con Gray y cómo recurría a la conexión con Hooker como una táctica añadida para lograr la atención del botánico norteamericano.

Finalmente, consiguió la atención y la amistad de Gray. Y fue tan sólida la relación entre ambos que Darwin hizo con su colega del otro lado del Atlántico lo que no hacía con casi nadie (como vimos, Hooker fue otro de los elegidos): informarle de su teoría. Y con bastante detalle. El 5 de septiembre de 1857 le escribía en este sentido:

Mi querido Gray:

He olvidado las palabras exactas que utilicé en mi carta anterior, pero supongo que le diría que pensaba que usted me despreciaría del todo cuando le explicara a qué opiniones había llegado, algo que hice porque pensaba que estaba obligado a hacerlo como un hombre honrado. […]

No estaba seguro en lo más mínimo de que, cuando usted supiera hacia dónde me dirigía, no pensara que mis opiniones eran tan extravagantes y disparatadas (Dios sabe que he llegado a ellas con suficiente lentitud y, espero, conscientemente) que considerara que no merecía la pena tener más noticias mías o prestarme más ayuda. Para poner un ejemplo, la última vez que vi

> a mi querido y viejo amigo [el paleontólogo Hugh] Falconer [1898-1865] me atacó de la manera más enérgica, aunque también con mucha amabilidad, y me dijo «hará más daño que bien pueden hacer otros diez naturalistas», «he visto que ya ha *corrompido* y medio malogrado a Hooker» (!). Así pues, cuando observo estos fuertes sentimientos en mis amigos más antiguos, no debe sorprenderse de que siempre espere que mis opiniones sean recibidas con desprecio. […]
>
> Puesto que usted parece interesado en el tema, y dado que es una *inmensa* ventaja para mí escribirle y conocer, *aunque tan brevemente*, lo que usted piensa, le adjuntaré (*copiado* para ahorrarle molestias al leer) el resumen más breve de mis ideas sobre los *medios* por los cuales la naturaleza hace sus especies. Por qué creo que las especies han cambiado realmente depende de hechos generales de las afinidades, embriología, órganos rudimentarios, historia geológica y distribución geográfica de los seres orgánicos. Con respecto a mi resumen, debe aceptarlo con absoluta confianza; cada párrafo ocupa uno o dos capítulos de mi libro. Quizá pensará que soy mezquino cuando le pido que no mencione mi doctrina; la razón es que si alguien, como el autor de *Vestiges* [*Vestiges of the Natural History of Creation* (1844), del editor, geólogo y escritor Robert Chambers (1802-1871)] llegara a conocerla, podría insertarla fácilmente en su obra, y entonces tendría que citar de una obra quizá despreciada por los naturalistas y esto lesionaría en gran medida cualquier posibilidad de que mis puntos de vista fueran recibidos sólo por aquellos cuya opinión valoro.

Y adjuntaba el resumen de su teoría.

Se trataba del «Ensayo» (*Essay*) que había compuesto en 1844, mucho más extenso que otro, el «Esbozo» (*Sketch*), que había preparado en 1842, probablemente entre el 18 de mayo y el 18 de junio. Este primer manuscrito permaneció, si no oculto, sí traspapelado, en un armario bajo las escaleras de Down House, y no fue descubierto hasta que se vació la casa tras la muerte de Emma Darwin en 1896. Consta de 37 páginas de papel de mala calidad, escritas a lápiz y con evidente prisa. Muchas de las frases están inacabadas y presentan una estructura

caótica, a veces sin sentido. También abundan las correcciones y las tachaduras, así como notas y párrafos completos escritos en el reverso de las páginas, muchas veces con la intención de ser insertados en el texto. Del texto del «Ensayo» de 1844 existen dos ejemplares. Por un lado, el original de Darwin, que consta de 189 páginas de su propia mano, y, por otro, una copia de 230 páginas que mandó hacer. Darwin era muy consciente de su importancia y dio instrucciones a su esposa para que se encargase de publicarlo si moría antes de escribir la gran obra que planeaba. Como si quisiera dejar por escrito su voluntad y no abandonarla al albur de lo oral, el 5 de julio de 1844 escribió la siguiente carta —es verdaderamente extraordinaria, una especie de testamento— a su esposa:

> Mi querida Emma:
>
> Acabo de terminar un esbozo de mi teoría de las especies. Si, como creo, mi teoría es cierta y, si es aceptada incluso por un juez competente, constituirá un paso considerable para la ciencia.
>
> Por consiguiente, te escribo esto, por si me ocurriera una muerte súbita, como mi más solemne y última voluntad, que estoy seguro considerarás lo mismo que si estuviese legalmente incluido en mi testamento: que dediques 400 libras a su publicación y, además, o bien tú misma, o bien a través de Hensleigh [Wedgwood, abogado y hermano de Emma], te tomes la molestia de promocionarlo. Deseo que mi esbozo se dé a alguna persona competente, junto con esta cantidad de dinero, para que se moleste en mejorarlo y aumentarlo. Le doy todos mis libros sobre historia natural, que están marcados o tienen comentarios al final de las páginas, rogándole que los examine con sumo cuidado y considere aquellos pasajes como realmente relacionados, o que pueden estarlo, con este tema. Deseo que hagas una lista de todos esos libros, como tentación para un eventual editor. También te pido que entregues todos esos papeles distribuidos aproximadamente en ocho o diez carpetas de papel marrón: los papeles en los que hay citas copiadas de diversos trabajos son los que pueden ayudar a mi editor. También te pido

que tú (o algún amanuense) ayudes a descifrar cualquiera de esos fragmentos que el editor considere útiles. Dejo a juicio del editor el interpolar esos datos en el texto, o como notas, o a modo de apéndices. Dado que la revisión de los papeles y referencias será un trabajo laborioso, y dado que la corrección y aumento y alteración de mi esbozo también requerirá un tiempo considerable, dejo esta cantidad de 400 libras a modo de cierta remuneración y todos los beneficios del trabajo. Considero que es seguro que por esa cantidad el editor lo publique, bien en una editorial, o bien a su propio riesgo. Muchos de los papeles que hay en las carpetas contienen meras conjeturas poco desarrolladas y opiniones anteriores ahora inútiles, y probablemente resultará que muchos de los hechos no tengan relación con mi teoría.

Con respecto a editores, Mr. [Charles] Lyell sería el mejor, si quisiera aceptarlo: creo que encontraría el trabajo agradable y aprendería algunos hechos que son nuevos para él. Como el editor debe ser un geólogo, así como naturalista, el siguiente mejor editor sería el profesor [Edward] Forbes de Londres. El siguiente mejor (y en muchos aspectos el mejor de todos) sería el profesor Henslow. El Dr. Hooker quizá corregiría la parte de Botánica —probablemente lo haría como editor—. El Dr. Hooker sería *muy* bueno. El siguiente, Mr. [Hugh Edwin] Strickland. Si ninguno de ellos quisiera hacerlo, te pediría que lo consultes con Mr. Lyell, o algún otro hombre capaz, para que encuentre algún editor, un geólogo y naturalista.

Si se necesitase otras cien libras, pon la diferencia procurando un buen editor, te pido de todo corazón que lo subas a 500 libras.

El resto de mi colección de historia natural puedes dársela a alguien de algún museo, donde fuese aceptada.

Mi querida esposa. Un fuerte abrazo, C. R. Darwin.

Si hubiera alguna dificultad para conseguir un editor que quisiera investigar exhaustivamente en el tema y pensar en la relación de los pasajes marcados en los libros y copiados en los fragmentos en papel, publica mi boceto tal como está, indicando que se hizo hace varios años y de memoria, sin consultar trabajos y sin intención de que se publicara en su forma presente.

P. D. Lyell, especialmente con la ayuda de Hooker (y de cualquier otra ayuda de zoólogos) sería el mejor de todos.

Sin un editor que no se acomodase a dedicar tiempo a esto, no habría que pagar tal suma.

El «Ensayo» de 1844 contiene tantas coincidencias con *El origen de las especies* que hay que preguntarse

por qué todavía pasarían quince años hasta que ese libro fuese publicado.

El largo camino hacia *El origen de las especies*

La razón por la que pasaron tantos años hasta la escritura y publicación de *El Origen de las especies* reside en el exigente espíritu de Darwin, que no se conformaba con algunos indicios por muy claros que éstos pareciesen. Deseaba estar seguro, y así empezó su búsqueda infatigable y casi obsesiva de hechos, de detalles, que completasen el gran rompecabezas que quería componer: nada más y nada menos que la historia natural de la Tierra. En este punto reside precisamente su singularidad: como hemos visto, algunos antes que él pensaron en la existencia de procesos evolutivos, pero disponían de pocas evidencias y de mecanismos muy cuestionables (si es que poseían alguno), mientras que Darwin tenía una idea plausible (la de Malthus) y una enorme cantidad de datos que la sustentaba. En este sentido, durante las décadas de 1840 y 1850 llevó a cabo estudios y experimentos de todo tipo, por ejemplo, sobre hibridación, paleontología, anatomía comparada, embriología, variación y cría de palomas y otros animales domésticos, modos de transporte natural que pudiesen explicar la distribución geográfica de los organismos después del origen evolutivo de cada forma en una sola región. Este problema le condujo a su vez a diseñar experimentos del tipo de cuánto tiempo podrían flotar las semillas en agua salada y después germinar, si las semillas y los huevos pequeños podrían ser transportados en el barro incrustado en las patas de los pájaros, o qué semillas

podrían atravesar el sistema digestivo de un ave y sobrevivir. Su correspondencia da fe de lo intenso y diverso de sus intereses y pesquisas. Ya he citado cartas que envió a Hooker y a Gray, pero hay más, muchas más. El 25 de enero de 1841, en una carta a su primo A. W. D. Fox, comenzaba mencionando los problemas de salud que le aquejarían poco después de regresar de su viaje en el Beagle hasta el final de sus días:[7]

> Mis fuerzas van aumentando de forma gradual, con sus buenas oscilaciones; de modo que he podido trabajar una hora o dos, varios días a la semana; [...]. Estoy obligado, sin embargo, a vivir con mucha tranquilidad y apenas puedo ver a nadie, ni siquiera puedo hablar durante mucho tiempo con mis familiares más próximos. Por un momento me desesperé y me pareció que iba a pasar toda mi vida como un inútil y abatido inválido, pero ahora tengo mejores esperanzas sobre mí mismo.

Y después de añadir otras noticias familiares, pasaba a lo que probablemente fue el motivo de su carta:

> Si te ocupas algo de la hist. nat., te envío esta posdata como un recuerdo de que sigo coleccionando toda clase de hechos sobre «Variedades y especies» para mi trabajo, que algún día se titulará así —la menor contribución será aceptada con toda gratitud—; descripciones de la descendencia de todos los cruces entre todas las aves y animales, perros, gatos domésticos, etc., etc., serán muy valiosas. No olvides que, si muriese tu gato africano híbrido, te agradecería mucho que me enviaras su cuerpo en una pequeña canasta para ver el esqueleto. Él, o cualquier paloma, ave de corral, pato, etc., cruzado será más aceptable que la más excelente pierna de venado o la mejor tortuga. Quizá todo esto sólo te moleste, de manera que no añado nada más, excepto que hagas el favor, si tienes la oportunidad cuando estés en Derbyshire, de preguntar en mi lugar, a cierta persona de la que me hablaste, si la descendencia del pato almizclado macho y el

pato común hembra se parece a la descendencia del pato almizclado hembra y el macho común.

Y el 11-12 de julio de 1845 pedía a Hooker:

¿Tiene buenas pruebas de la ausencia de insectos en las islas pequeñas?: yo encontré trece especies en el atolón Keeling. Las moscas son buenos fertilizadores; y he visto a un tisanóparo microscópico y a una cecidomya volar de una flor en dirección a otra con el polen a ellos adherido. En el Ártico parece que las abejas llegan tan al N. como cualquier flor. No merece la pena mencionar que soy un creyente de la hibridación en cualquier medida; pero creo que la ausencia de insectos representaría la dificultad más seria para la fertilización de muchísimas plantas (no plantas dioicas o monoicas).

[…]

No sé si quiero ahora información geológica de la India; pero si su amigo reside cerca de las partes donde el chita [o guepardo] se utiliza para cazar, estoy *especialmente* interesado en saber si *alguna vez* los han criado en domesticación; o si nunca o rara vez, y si copulan, y de cuál se piensa es el fallo, del macho o de la hembra. De nuevo, si reside en los distritos donde se cultiva el gusano de seda, cualquier información relativa a si varían en algo las polillas, las orugas o los capullos, si los habitantes ponen especial cuidado en seleccionar buenos individuos para criar, si hay alguna creencia tradicional sobre el origen de cualquier cría, es decir, si en diferentes distritos se encuentran formas diferentes de cría de la misma especie. O cualquier información de este tipo. Esto sería incalculablemente valioso para mí.

Y, de nuevo a Fox —es mi último ejemplo— el 17 de mayo de 1855:

Odiarás la simple visión de mi letra; pero después de esta vez te prometo que no te pediré nada más, al menos durante mucho tiempo. Dado que vives en un suelo arenoso, ¿tenéis ahí lagartos completamente comunes? Si los tenéis, ¿crees que sería demasiado ridículo ofrecer una recompensa por huevos de lagarto

a los niños de tu escuela?; un chelín por cada media docena, o más si son raros, hasta que consigas dos o tres docenas, y me los envías. Si te llevaran por equivocación huevos de serpiente estaría muy bien, porque también los necesito: y no tenemos ni lagartos ni serpientes por aquí.

Mi objetivo es ver si esos huevos flotarán en el agua de mar, y si se mantendrán vivos flotando durante un mes o dos en mi sótano. Estoy realizando experimentos sobre el transporte de todos los seres orgánicos que puedo; y los lagartos se encuentran en todas las islas y, por consiguiente, tengo muchas ganas de ver si sus huevos soportarán el agua de mar.

Entre 1846 y 1854, y pensando en que si quería hablar sobre las especies debía saber cómo describir, nombrar y clasificar al menos alguna (esto es, mostrar también sus credenciales en este dominio), decidió concentrarse en el estudio de una especie concreta: los cirrípedos, pequeños crustáceos entre los que se encuentran los percebes. El 24 de octubre de 1852, tras más de un lustro con ellos, escribía a su primo Fox: «Estoy trabajando en el segundo volumen de los cirrípedos, criaturas de las que estoy increíblemente cansado: los odio como ningún hombre los ha odiado jamás, ni marinero al barco más lento». Al final produjo cuatro volúmenes sobre estos pequeños crustáceos: *A Monograph of the Sub-Class Cirripeada* (vol. 1: *The Lepadidae; or PenduncULATED Cirripides* [1851]; vol. 2: *Sessile Cirripedes* [1854]), *A Monograph of the Fossil Lepadidae or Pedunculated Cirripedes of Great Britain* (1851) y *A Monograph of the Fossil Balanidea and Verrucidae* (1854). En total, 1.216 páginas.

El camino que le condujo a su gran libro de 1859 fue, sin duda, largo y exigente.

ON

THE ORIGIN OF SPECIES

BY MEANS OF NATURAL SELECTION,

OR THE

PRESERVATION OF FAVOURED RACES IN THE STRUGGLE
FOR LIFE.

BY CHARLES DARWIN, M.A.,

FELLOW OF THE ROYAL, GEOLOGICAL, LINNÆAN, ETC., SOCIETIES;
AUTHOR OF 'JOURNAL OF RESEARCHES DURING H. M. S. BEAGLE'S VOYAGE
ROUND THE WORLD.'

LONDON:
JOHN MURRAY, ALBEMARLE STREET.
1859.

The right of Translation is reserved.

Portadilla de *The Origin of Species By Means of Natural Selection*.
© *Science Source/Album*

18
UNA CARTA PARA EL RECUERDO: EMMA A CHARLES DARWIN*

En su autobiografía, Charles Darwin escribió:

> Mientras me hallaba en el Beagle fui completamente ortodoxo. [...] Pero, por aquel entonces, fui dándome cuenta poco a poco de que el Antiguo Testamento, debido a su versión manifiestamente falsa de la historia del mundo, con su Torre de Babel, el arco iris como signo, etc., etc., y el hecho de atribuir a Dios los sentimientos de un tirano vengativo, no era más de fiar que los libros sagrados de los hindúes o las creencias de cualquier bárbaro [...], la incredulidad se fue introduciendo subrepticiamente en mí a un ritmo muy lento, pero, al final, acabó siendo total. El ritmo era tan lento que no sentí ninguna angustia, y desde entonces no dudé nunca ni un solo segundo de que mi conclusión era correcta. De hecho, me resulta difícil comprender que alguien deba desear que el cristianismo sea verdadero, pues, de ser así, el lenguaje liso y llano de la Biblia parece mostrar que las personas que no creen —y entre ellas se incluiría a mi padre, mi hermano y casi todos mis mejores amigos — recibirían un castigo eterno. Y ésa es una doctrina detestable.

¿Qué pasó para que Darwin, un buen y acomodado victoriano, abandonase las creencias religiosas de su infancia y juventud?, ¿para que llegase a escribir, como acabamos de ver, que aquello que enseña la Biblia constituye «una doctrina detestable»?

La razón de tal cambio se encuentra en la ciencia, en sus estudios de historia natural y en la teoría de la evolución de las especies a la que llegó. No fue algo que buscase, sino que se lo encontró. Citando de nuevo de su autobiografía:

> El antiguo argumento del diseño en la naturaleza, tal y como lo expone Paley [William Paley (1743-1805), autor de dos influyentes libros: *Evidences of Christianity* (1794) y *Natural Theology* (1802)] y que anteriormente me parecía tan concluyente, falla tras el descubrimiento de la selección natural. Ya no podemos sostener, por ejemplo, que el hermoso gozne de una concha bivalva debe haber sido producido por un ser

> inteligente, como la bisagra de una puerta por un ser humano. En la variabilidad de los seres orgánicos y en los efectos de la selección natural no parece haber más designio que en la dirección que sopla el viento.

Ahora bien, a pesar de lo que puede sugerir lo que Darwin escribió en su autobiografía, no se debe pensar que el camino intelectual que siguió en este dominio fue fácil, ni su posición final radical. Ocho años antes de que apareciese otro de sus libros, *The variation of animals and plants under domestication* (1868) (*La variación de los animales y las plantas bajo domesticación)*, el 22 de mayo de 1860, había escrito una carta a Asa Gray que muestra las dudas que le asaltaron con frecuencia:

> Con respecto al aspecto teológico de la cuestión, esto es siempre penoso para mí. Estoy perplejo. No tenía intención de escribir en un sentido ateo, pero me doy cuenta de que no puedo ver tan claramente como otros ven, y como yo querría ver, evidencia alguna del diseño y benevolencia a nuestro alrededor. Me parece que existe demasiada miseria en el mundo. No me puedo convencer de que un benevolente y omnipotente Dios haya diseñado los icneumónidos [insectos semejantes a avispas minúsculas, cuyas hembras ponen sus huevos en el interior del cuerpo de otros insectos] con la expresa intención de que se alimenten en el interior de los cuerpos vivos de las orugas, o de que un gato debe jugar con un ratón. Al no creer en esto, no veo ninguna necesidad en la creencia de que el ojo haya sido el fruto expreso de un diseño. Por otra parte, de ninguna manera me puedo contentar con contemplar este maravilloso universo, y especialmente la naturaleza del hombre, y concluir que todo es el resultado de una fuerza bruta. Me siento inclinado a mirar todo como producto de leyes diseñadas, con los detalles, buenos o malos, dejados al resultado de lo que podemos denominar azar. No es que esta idea me satisfaga *en absoluto*. Muy dentro de mí siento que toda esta cuestión es demasiado profunda para el intelecto humano. Igual que si un perro especulase sobre la mente de Newton. Dejemos a cada persona que desee y crea lo que pueda. [...] Ciertamente, estoy de acuerdo con usted en que mis ideas no son necesariamente ateas.

Darwin, en definitiva, sufrió con las consecuencias a las que le llevaban sus

investigaciones. No le agradaba la idea de ser considerado ateo y dudaba. Recurriendo de nuevo a su autobiografía:

> Para convencerse de la existencia de Dios hay otro motivo vinculado a la razón y no a los sentimientos y que tiene para mí mucho más peso. Deriva de la extrema dificultad, o más bien imposibilidad, de concebir este universo inmenso y maravilloso —incluido el ser humano con su capacidad para dirigir su mirada hacia un pasado y futuro distantes— como resultado de la casualidad o de la necesidad ciega. Al reflexionar así, me siento impulsado a buscar una primera causa que posea una mente inteligente análoga en algún grado a la de las personas; y merezco que se me califique de teísta.

A continuación, señalaba que pensaba así cuando escribió *El origen de las especies*, pero que «desde entonces» esta idea se había «ido debilitando gradualmente, con muchas fluctuaciones». Con unas frases ciertamente dolorosas y duras (su familia suprimió la mayor parte de ellas en la primera edición de su autobiografía, pero su nieta, Nora Barlow, las restauraría en 1958), añadía:

> Pero luego surge una nueva duda: ¿se puede confiar en la mente humana, que, según creo con absoluta convicción, se ha desarrollado a partir de otra tan baja como la que posee el animal más inferior, cuando extrae conclusiones tan grandiosas? ¿No serán, quizá, éstas el resultado de una conexión entre causa y efecto, que, aunque nos da la impresión de ser necesaria, depende probablemente de una experiencia heredada? No debemos pasar por alto la probabilidad de que la introducción constante de la creencia en Dios en las mentes de los niños produzca ese efecto tan fuerte y, tal vez, heredado en su cerebro cuando todavía no está plenamente desarrollado, de modo que deshacerse de su creencia en Dios les resultaría tan difícil como para un mono desprenderse de su temor y odio instintivos a las serpientes.

Las dudas y preocupaciones, la tensión emocional que le provocaron las implicaciones religiosas de sus ideas, no se debieron únicamente al deseo de no violentar a la en general ortodoxa sociedad victoriana en que vivía. Existía una razón más personal e íntima:

las profundas convicciones religiosas de su esposa. Muy poco después de su boda, en febrero de 1839, su esposa, Emma, escribió a Charles una carta en la que le comunicaba algunas de sus preocupaciones:



Emma Darwin con uno de sus hijos.

El estado de pensamiento que deseo conservar con respecto a ti es sentir que mientras estás actuando conscientemente y deseando sinceramente, y tratando de conocer la verdad, no puedes estar equivocado; pero existen algunas razones que se me imponen y que me impiden que te pueda ofrecer siempre este apoyo. Me atrevo a decir que tú mismo a menudo has pensado en ellas antes, pero escribiré lo que ha estado en mi cabeza, sabiendo que me perdonarás. Tu mente y tiempo están llenos de interesantes temas y pensamientos de la clase más absorbente; esto es, los que se

siguen de tus propios descubrimientos, pero que hacen que te sea muy difícil evitar considerar como interrupciones otros tipos de pensamientos que no tienen relación con lo que estás buscando, o que seas capaz de prestar toda tu atención a los dos lados de la cuestión.

Existe otra razón que produciría un gran efecto en una mujer, pero no sé si tanto en un hombre —pienso en Erasmus [el hermano de Charles], de cuyo entendimiento tienes tan alta opinión y al que tanto afecto profesas, que ha pasado por esto antes que tú— [...]. También me parece que la dirección de tus investigaciones puede haberte conducido a considerar las dificultades principalmente desde un lado, y que no has tenido tiempo de considerar y de estudiar la cadena de dificultades desde el otro, pero creo que no consideras tus opiniones como formadas. Espero que la costumbre de las investigaciones científicas de no creer nada hasta que no está probado no influya en tu mente demasiado para otras cosas que no se pueden probar de la misma manera, y que si son verdaderas es probable que estén por encima de nuestra comprensión.

A lo que se estaba refiriendo Emma era, obviamente, a que su esposo participase de las creencias de su propia y profunda fe religiosa, que no se apartase de ellas porque así se lo sugiriesen sus investigaciones científicas. Ella amaba a su esposo y quería continuar junto a él cuando ambos hubiesen muerto, en el cielo que la fe cristiana prometía a los justos. Pero se daba perfecta cuenta de que la ciencia estaba alejando a Charles de esa senda.

Darwin recordó toda su vida esta misiva, que fue encontrada, tras su muerte, muy manoseada y con la siguiente anotación: «Que sepas, cuando haya muerto, que muchas veces la he besado y llorado sobre ella».

19
ALFRED RUSSEL WALLACE, EL «OTRO» DESCUBRIDOR DE LA EVOLUCIÓN DE LAS ESPECIES*

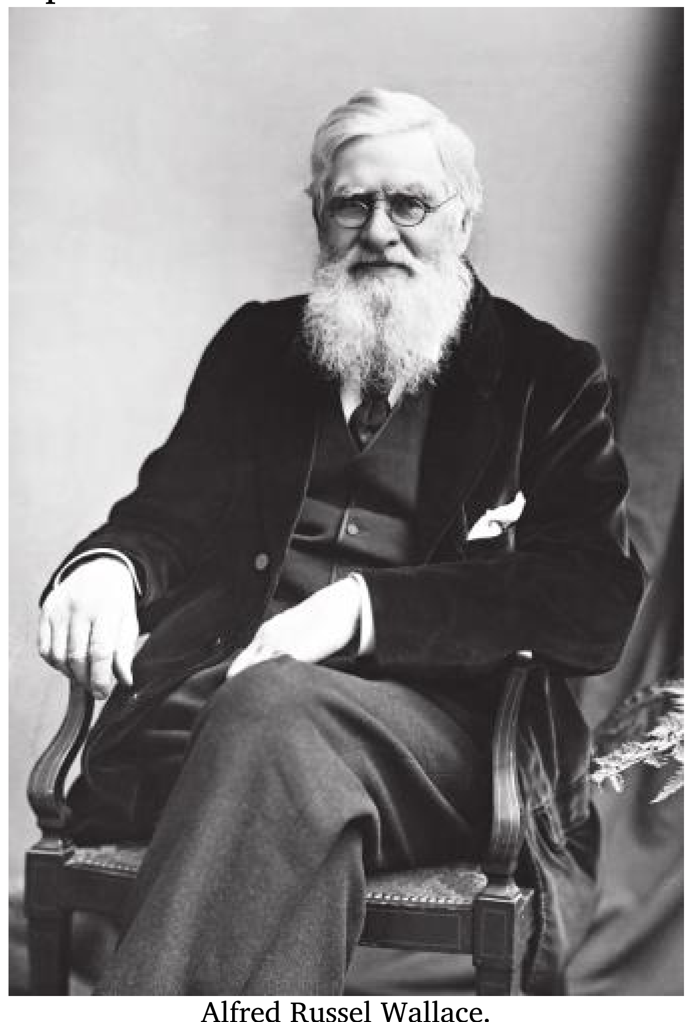
Es habitual referirse a la teoría de la evolución de las especies como la teoría *de Charles Darwin*, pero, aunque existen buenos motivos para obrar de esta manera —basados en el gran libro que publicó en 1859, *On the Origin of Species*—, no se hace justicia a quien llegó a las mismas conclusiones que Darwin antes de que éste las diera a conocer públicamente (salvo a dos o tres colegas cercanos): Alfred Russel Wallace (1823-1913), un «inglés nacido en Gales», como se denominaba a sí mismo.

Alfred Russel Wallace

Obligado por la situación económica de su familia (era el octavo de nueve hijos), Wallace tuvo que ganarse la vida como agrimensor, maestro de dibujo, cartografía y agrimensura, y, junto con algunos de sus hermanos, promotor de pequeñas empresas, hasta que finalmente, y gracias a sus lecturas de obras de Humboldt, Darwin o Lyell, y la amistad con un joven que compartía sus mismas aficiones y escasos recursos, Henry Walter Bates, lo ganó el estudio de la naturaleza. Pero al contrario que Darwin, para ejercer tal interés no le quedó más recurso que ganarse la vida vendiendo especímenes que recogía en largos viajes (primero, entre 1848 y 1852, por América, periplo en el que le acompañó Bates; luego, de 1854 a 1862, en el archipiélago malayo).

En septiembre de 1855, Wallace publicó su primer artículo teórico, «Sobre la ley que ha regulado la introducción de nuevas especies» (*Annals and Magazine of Natural History 16*, pp. 184-196), en el que

argumentaba que una especie nueva siempre empieza a existir en un área ya ocupada por especies emparentadas, una idea con claras implicaciones evolucionistas: «Toda especie ha llegado a existir —escribía al final de su artículo— coincidiendo tanto en el espacio como en el tiempo con especies preexistentes estrechamente relacionadas». Pero no ofrecía ninguna explicación de cómo se forman las nuevas especies.



Alfred Russel Wallace.
© *Akg-images/Pictures From History/Album*

En su autobiografía, Wallace recordó lo siguiente:

Poco después de que apareciera el artículo, el Sr. Stevens me

escribió informándome de que había escuchado a varios naturalistas expresar disgusto porque yo estaba «teorizando», cuando lo que había que hacer era recoger más datos. Después de esto, en una carta a Darwin le expresé mi sorpresa porque parecía que mi artículo fuese apenas conocido, a lo que él respondió que tanto sir Charles Lyell como el Sr. Edward Blyth, dos muy buenos hombres, llamaron su atención especialmente sobre él.

La carta de Darwin a la que se refería Wallace es del 22 de diciembre de 1857, pero antes de eso, el 1 de mayo de 1857, aquél respondía a una carta anterior de éste:

Mi querido señor:

Le agradezco mucho su carta del 10 de octubre [1856] desde Célebes, que he recibido hace pocos días [...]. Por su carta e incluso más por su artículo en *Annals*, de hace un año o más, puedo ver con claridad que hemos pensado de manera parecida y en alguna medida llegado a conclusiones similares. Con respecto a su artículo en *Annals*, estoy de acuerdo con la verdad de casi todas las palabras de su artículo; y me atrevo a decir que estará de acuerdo conmigo en que es muy raro que uno se encuentre con que se está bastante de acuerdo con cualquier artículo teórico, ya que es lamentable cómo se extraen conclusiones diferentes a partir de los mismos hechos. Este verano hará veinte años (¡) que comencé mi primer cuaderno de notas sobre la cuestión de cómo y de qué manera las especies y variedades se diferencian unas de otras. Ahora estoy preparando mi trabajo para publicación, pero encuentro el tema tan amplio que, aunque he escrito muchos capítulos, no espero que entre en imprenta antes de dos años.

Nunca he sabido cuánto tiempo piensa permanecer en el archipiélago malayo; deseo poder beneficiarme de la publicación de sus viajes allí antes de que aparezca mi trabajo, ya que no dudo de que recogeré de él una gran cosecha de hechos.

Y continuaba comentando detalles más específicos.

En la mencionada carta del 22 de diciembre de 1857, en respuesta a otra de Wallace del 27 de septiembre, Darwin decía que estaba «muy contento de que esté estudiando la distribución [de especies] de acuerdo con ideas teóricas. Creo firmemente que sin especulación no hay buenas y originales

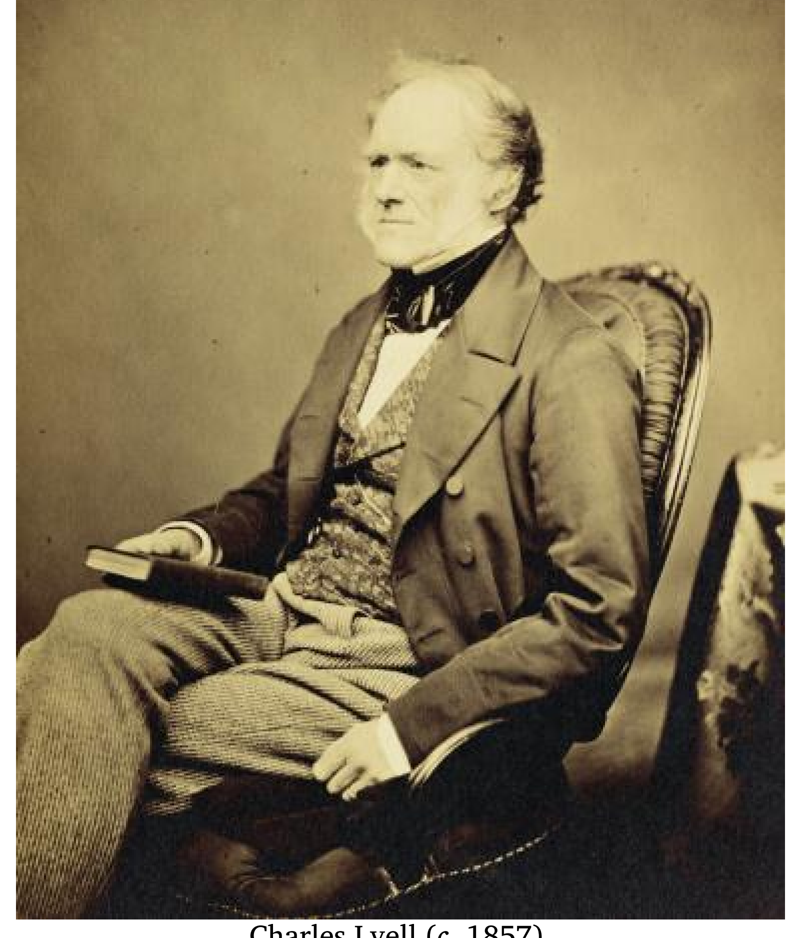
observaciones. Pocos viajeros han seguido semejantes puntos como lo está haciendo ahora usted en su trabajo». Y al final, después de detenerse como en su anterior carta en varios detalles concretos, añadía:

> Estoy asombrado de ver que espera permanecer ahí tres o cuatro años más. ¡Qué maravillas habrá podido ver; y qué área tan interesante: el gran archipiélago malayo y las partes más ricas de Sudamérica! Admiro infinitamente y honro su celo y coraje en la buena causa de la ciencia natural; y tiene mis muy sinceros y cordiales buenos deseos.

La crisis de 1858

Así quedó todo hasta que, en febrero de 1858, mientras soportaba un ataque de fiebre en Gilolo (o Halmahera), la mayor isla del archipiélago de las Molucas, Wallace llegó a esencialmente la misma idea de la causa de la selección natural que suele adjudicarse en exclusiva a Darwin. (Al igual que él, Wallace se inspiró en el libro de Thomas Robert Malthus, *An Essay on the Principle of Population*, publicado en 1826.) Y desde otra isla, Ternate, envió a Darwin el manuscrito que preparó: «Sobre la tendencia de las variedades a alejarse indefinidamente del tipo original». (La carta y el manuscrito original se han perdido.)

Cuando éste lo recibió, consultó de inmediato con dos amigos suyos: Charles Lyell, geólogo y figura reconocida de la ciencia británica, y Joseph Dalton Hooker. De hecho, Lyell ya le había urgido con anterioridad a que diese a conocer públicamente su teoría, requerimiento al que Darwin contestaba el 3 de mayo de 1856:



Charles Lyell (*c.* 1857).

> Con respecto a su sugerencia de un esbozo de mi punto de vista, no sé qué pensar, pero reflexionaré sobre ello; sin embargo, va en contra de mis prejuicios. Realizar un boceto adecuado sería absolutamente imposible, dada la gran colección de hechos que exige cada proposición. Si hiciera algo, sólo podría referirse al principal agente del cambio, la selección, y quizá señalar unos pocos rasgos directivos que sancionan dicho punto de vista, y algunas de las principales dificultades. Pero no sé qué pensar: antes bien, odio la idea de escribir por conseguir la prioridad; sin embargo, por supuesto, me irritaría que alguien publicara mis doctrinas antes que yo.

Pero en 1858, ante la situación que se había creado, Lyell y Hooker arreglaron todo para que el artículo de Wallace se publicara en el *Journal of the Proceedings of the Linnean Society*, junto con otro (muy

breve) preparado rápidamente por Darwin y un extracto de una carta que Darwin había enviado a Asa Gray el 5 de septiembre de 1857, informándole de su teoría. Firmado por ambos, en orden alfabético, y bajo el título conjunto de «On the tendency of species to form varieties; and on the perpetuation of varieties and species by natural means of selection» («De la tendencia de las especies a formar variedades, y de la perpetuación de las variedades y especies por medios naturales de selección»), el comunicado fue leído ante la Sociedad Linneana el 1 de julio de 1858. Precediendo a los escritos de los dos naturalistas se incluía la siguiente nota de Lyell y Hooker, fechada el 30 de junio:

> Estimado señor:
>
> Los artículos adjuntos, que tenemos el honor de comunicar a la Sociedad Linneana y que se refieren todos al mismo asunto, a saber, las leyes que afectan a la producción de variedades, razas y especies, contienen los resultados de las investigaciones de dos infatigables naturalistas, Sr. Charles Darwin y Sr. Alfred Wallace.
>
> Habiendo concebido ambos caballeros de manera independiente y sin conocimiento mutuo la misma muy ingeniosa teoría para explicar la aparición y perpetuación de variedades y formas específicas en nuestro planeta, pueden reclamar con justicia el mérito de ser los pensadores originales de esta importante línea de investigación; pero no habiendo ninguno de ellos publicado sus opiniones, aunque nosotros mismos, durante los últimos años, hemos instado repetidamente a Mr. Darwin a que así lo hiciese, y habiendo ambos autores puesto ahora sus artículos incondicionalmente en nuestras manos, consideramos que sería del mayor interés para las ciencias que se presentasen unos extractos ante la Sociedad Linneana.

La reacción de Wallace y los remordimientos de Darwin

A pesar de que no habría sido difícil que surgiesen recelos, especialmente por parte de Wallace, su carácter no provocó semejante resultado. El 6 de octubre de 1858 escribía a su madre, todavía desde el

archipiélago malayo:

> Acabo de regresar de un breve viaje y ahora voy a comenzar uno nuevo, pero a un lugar donde hay algunos soldados, un doctor y un ingeniero que hablan inglés, por lo que si es bueno para recoger [especímenes] permaneceré allí algunos meses. Es Batchian [Bacan], una isla al sudoeste de Gilolo, a unos dos o tres días de navegación desde Ternate. Ya estoy bastante recuperado de mi viaje a Nueva Guinea y tengo buena salud.
>
> He recibido cartas del Sr. Darwin y del Dr. Hooker, dos de los naturalistas más eminentes de Inglaterra, que me han causado mucha satisfacción. Envié al Sr. Darwin un ensayo relacionado con el tema sobre el que él está ahora escribiendo un gran libro. Se lo enseñó al Dr. Hooker y a sir C. Lyell, quienes lo valoraron tan altamente que inmediatamente lo leyeron en la Sociedad Linneana. Esto me asegura el conocimiento y la ayuda de estos eminentes hombres cuando regrese a casa.

En esto, la ayuda de «hombres eminentes», no se equivocó. Darwin siempre lo apoyó, una ayuda que Wallace necesitó, ya que nunca obtuvo un puesto académico. En 1880, ante las serias dificultades económicas de Wallace, Darwin consiguió que el Gobierno británico le concediera una pensión anual de 200 libras, «una sorpresa muy agradable —reconoció Wallace en sus memorias— y un gran alivio de mi inquietud para el resto de mi vida».

Darwin, un hombre decente, albergaba dudas sobre cómo se había desarrollado todo el proceso, y desde luego reconoció la buena disposición de Wallace, como prueban dos cartas que dirigió a éste. La primera está fechada el 25 de enero de 1859 y en ella escribió:

> Mi querido señor:
>
> Me agradó extremadamente recibir hace tres días sus cartas, la dirigida a mí y la que envió al Dr. Hooker. Permítame decirle de todo corazón cuánto admiro el espíritu con que están escritas. Aunque no he tenido absolutamente nada que ver con lo que Lyell y Hooker han considerado ser el modo correcto de acción, naturalmente no podía sino sentirme ansioso por conocer cuál sería su impresión. Indirectamente le debo mucho a usted y a ellos, porque casi pienso que Lyell habría estado en lo cierto y

nunca habría completado mi extenso trabajo, ya que he encontrado mi resumen [*On the Origin of Species*] suficientemente duro para mi pobre salud. Pero ahora, gracias a Dios, estoy con el penúltimo capítulo. Mi resumen será un pequeño volumen de cuatrocientas o quinientas páginas. Cuando se publique, por supuesto que le enviaré un ejemplar y entonces verá lo que quiero decir sobre el papel que creo ha desempeñado la selección en las producciones domésticas. Es un papel, como usted supondrá, en el que juega la «selección natural».

En la posdata de la segunda carta, del 6 de abril de 1859, cuando estaba a punto de publicar *On the Origin of Species*, Darwin se sinceraba:

> No puedo decirle cuánto admiro su espíritu, la manera en que se ha tomado todo lo relativo a la publicación de nuestros artículos. De hecho, le había escrito una carta, diciendo que yo *no* debería publicar nada antes de que lo hubiese publicado Vd. No había puesto esa carta en el correo cuando recibí una de Lyell y Hooker, *instándome* a enviarles algún manuscrito y permitirles que actuaran como considerasen justo y honorable para nosotros dos. Y así lo hice.

Aunque el comportamiento de Darwin fue decente, podemos hacernos una idea más correcta de él recurriendo a una carta que escribió a Lyell el 25 de junio de 1858, cuando se encontraba agobiado tras haber recibido las noticias de Wallace:

> No hay nada en el esbozo de Wallace que no esté escrito de una manera mucho más completa en mi borrador copiado de 1844, y leído por Hooker hace unos doce años. Hace alrededor de un año envié un corto esbozo, del que tengo copia, de mis puntos de vista [...] a Asa Gray, de manera que podría decir y probar con la mayor sinceridad que no he cogido nada de Wallace. Me alegraría *sobremanera* publicar *ahora* un esbozo de mis opiniones generales en aproximadamente una docena de páginas más o menos. Pero no consigo persuadirme a mí mismo de que puedo hacerlo de manera honorable. Wallace no dice nada sobre publicación, y yo adjunto su carta. Pero, puesto que no tenía pensado publicar nada, ¿puedo hacerlo con honor porque Wallace me ha enviado un esbozo de su doctrina? Quemaría todo mi libro antes de que él o cualquier otro pudiera pensar que me he comportado indignamente. ¿No cree que el hecho de que él me haya enviado este esbozo me ata las manos? [...]
>
> Si pudiera publicar con honorabilidad, explicaría que me he

> visto inducido ahora a publicar un esbozo (y me alegraría mucho que me permitiera decir que lo hago siguiendo un consejo que usted me dio hace mucho tiempo) al haberme enviado Wallace un esbozo de mis propias conclusiones generales. Solamente diferimos en que yo llegué a mis opiniones a partir de lo que la selección artificial ha hecho con los animales domésticos.

En otras palabras, Darwin estaba rogando a Lyell que le ayudase a publicar sus ideas junto a las de Wallace. ¿Sorprenderá a alguien que después de leer su carta Lyell propusiera que ambos, Wallace y Darwin, compartieran el honor de la presentación pública de sus respectivas ideas sobre la evolución? Fue una solución justa. Darwin se había retrasado en publicar, pero sólo por su propia autoexigencia, que le imponía buscar más y más evidencias, mientras que a Wallace no le pasaba lo mismo. La solución fue buena, pero, desde luego, Darwin sufrió: «Siempre pensé —escribió a Hooker el 13 de julio de 1858— que era posible que alguien se me anticipara, pero suponía que iba a tener la suficiente grandeza de espíritu como para que no me importara; pero me he encontrado a mí mismo castigado y equivocado».

Una vez publicado el libro de Darwin, Wallace comentó su contenido a Henry Walter Bates en una carta del 24 de diciembre de 1860, desde Ternate:

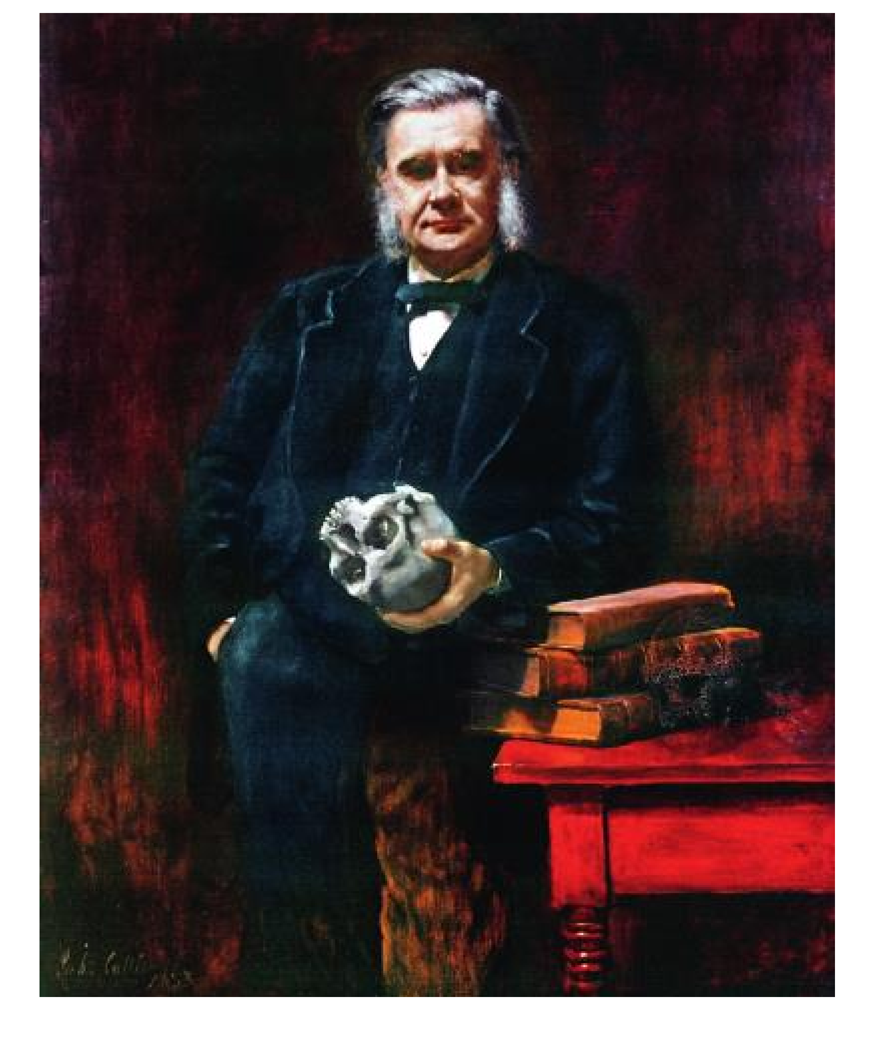
> No sé cómo o a quién expresar de manera completa mi admiración por el libro de Darwin. A él le parecería adulación, a otros autoalabanza, pero honestamente creo que, aunque yo hubiese trabajado y experimentado sobre el tema con mucha paciencia, nunca me podría haber *acercado* a la completitud de su libro; su vasta acumulación, sus abrumadores argumentos y su admirable tono y espíritu. Me siento realmente agradecido de que no haya recaído en mí el presentar la teoría al público. El Sr. Darwin ha creado una nueva ciencia y una nueva filosofía, y creo que nunca semejante presentación completa de una nueva rama del conocimiento humano se ha debido al trabajo e investigaciones de un único hombre. Nunca tales vastas masas anteriormente desparramadas y radicalmente desconectadas han sido combinadas en semejante nueva, sencilla y gran filosofía.

20
THOMAS H. HUXLEY Y LA RECEPCIÓN DE LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN DE LAS ESPECIES DE DARWIN*

Para comprender cabalmente el desarrollo de la ciencia es preciso ahondar en diferentes apartados. Hay, por supuesto, que ocuparse de los científicos implicados en el asunto de que se trate, de cuáles fueron sus aportaciones, teóricas o experimentales (y éstas suponen en ocasiones estudiar la historia de los instrumentos), y cómo llegaron a ellas. Para ello es preciso indagar en la historia previa, esto es, en sus precursores (si los hubo) y conocer con qué otros investigadores de su tiempo se relacionaban. Asimismo, es necesario prestar atención a las instituciones, si es que existían, a las que estuvieron vinculados. Cierto es que algunos no necesitaron mucho apoyo, como sucedió con Henry Cavendish, por ejemplo, aunque incluso un hombre tan solitario y tímido como él asistía a las reuniones de la Royal Society y se beneficiaba de ellas. Y tampoco se debe pasar por alto el modo en que se recibían las aportaciones científicas. Por sus implicaciones sociales y religiosas, un caso particularmente interesante es el de cómo fue recibido el libro de Darwin, *On the Origin of Species*, que se puso a la venta el 24 de noviembre de 1859.

La aparición del libro suscitó inmediatamente grandes pasiones, en las que los argumentos científicos se mezclaban con consideraciones de índole religiosa o, incluso, política. Abundan los ejemplos y los protagonistas de semejantes discusiones tempranas.

Entre los principales opositores, recordaré a Richard Owen (1804-1892), especialista en anatomía comparada que ayudó a Darwin en la clasificación de los fósiles que trajo de su viaje de cinco años en el Beagle; a Louis Agassiz (1807-1873), el zoólogo y geólogo suizo afincado en Estados Unidos, y a dos viejos conocidos de Darwin, el geólogo Adam Sedgwick (1775-1873), que fue profesor suyo en Cambridge, y Robert FitzRoy (1805-1865), el capitán del Beagle. Aunque se esgrimían razones científicas, con frecuencia se insistía (o subyacía con fuerza) en los argumentos teológico-religiosos. Pero hubo un acontecimiento particularmente notorio: el célebre, casi mítico, debate que tuvo lugar en Oxford el sábado 30 de junio de 1860, durante una de las sesiones de la reunión anual —a la que asistían siempre cientos de personas, científicos e interesados en la ciencia— de la British Association for the Advancement of Science, una organización establecida en 1831 siguiendo el modelo de la alemana Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte, fundada en 1822 en Leipzig a instancias sobre todo del biólogo Lorenz Oken. (Más tarde llegarían otras similares, como la American Association for the Advancement of Science en 1848, la Società Italiana per il Progresso delle Scienze en 1907 y la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias en 1908). En aquella ocasión se enfrentaron el obispo de Oxford, Samuel Wilberforce (1805-1873), y Thomas Henry Huxley (1825-1895).



Thomas Henry Huxley, John Collier (1883).

Thomas H. Huxley

Especialista en anatomía comparada y paleontología, Huxley había conocido a Darwin en 1851 y, aunque al principio no le agradó en particular a éste (le pareció demasiado crítico, agrio y brillante), pronto comenzaron a cartearse con frecuencia. Además, Darwin reconoció en el informado, agudo y bien relacionado Huxley un excelente crítico para reseñar

sus libros. Así, el 11 de abril de 1853 le escribía:

> Hablaba usted como si hubiera tenido intención de reseñar mis Cirrípedos [se refería aquí a *A Monograph of the Subclass Cirripedia*, vol. 1, *The Lepadidae*, publicado en 1851]: es muy indecoroso por mi parte decirlo así, pero me causaría *gran* placer ver mi trabajo revisado por alguien tan capaz como usted de encomiar todo lo que puede merecer alabanza, y de criticar los errores que sin duda contiene. Mi principal razón para desearlo es que, de lo contrario, creo que ningún extranjero conocerá su existencia. Lleva un año publicado y ningún zoólogo ha tomado nota de él, excepto, brevemente, Dana [James Dwight Dana, geólogo y zoólogo estadounidense, editor del *American Journal of Science and Arts* desde 1846 y, a partir de 1856, catedrático de Geología en la Universidad de Yale].

Huxley ha sido denominado, con razón, «el *bulldog* de Darwin», por la energía y habilidad que desplegó en defensa de la teoría darwiniana. Conocemos la impresión que la lectura de *The Origin of Species* produjo en él gracias a una carta que dirigió a Darwin el 23 de noviembre de 1859, esto es, el día antes de que el libro apareciese en las librerías. (Darwin le había enviado un ejemplar, al igual que a otros colegas cuya opinión, e influencia, valoraba; se sabe que lo recibieron al menos 47, entre ellos Louis Agassiz, Robert FitzRoy, Asa Gray, John Henslow, John Herschel, Joseph Hooker, Charles Lyell, Richard Owen, Adam Sedwick, Herbert Spencer y Alfred Russel Wallace):

> Mi querido Darwin:
>
> He terminado su libro ayer; su lectura me ha proporcionado unas cuantas horas de placer continuo.
>
> Desde que leí los ensayos de Von Bär [Ernst von Baer], hace nueve años, ningún trabajo en la ciencia de la historia natural que haya encontrado me ha producido una impresión mayor, y le

felicito de todo corazón por la gran cantidad de nuevas perspectivas que me ha proporcionado. Pienso que nada puede ser mejor que el tono del libro; impresiona a aquellos que conocen el tema. Con respecto a su doctrina, estoy dispuesto a ir a la hoguera, si es necesario, para apoyar el capítulo IX [«The imperfection of the Geological Record»] y la mayor parte de los capítulos X [«The Geological Succession of Organic Beings»], XI-XII [«Geographical Distribution»], y el capítulo XIII [«Classification, Morphology, Embriology, and Rudimentary Organs»] contiene mucho que es admirable, pero en uno o dos puntos le hago una *advertencia* hasta que pueda ver todos los lados de la cuestión.

Con respecto a los primeros cuatro capítulos [I-«Variation under Domestication», II-«Variation under Nature», III-«The Struggle for Existence», IV-«Operation of Natural Selection»], estoy de acuerdo completa y profundamente con los principios que presenta en ellos. Creo que ha demostrado una verdadera causa para la producción de especies, y son sus adversarios quienes deben ocuparse del *onus probando* [«carga de la prueba»], esto es, de demostrar que las especies no aparecen en la forma que usted supone.

Pero siento que todavía no he comprendido completamente las implicaciones de esos muy notables y originales capítulos III, IV y V [«Laws of Variation»], y no escribiré ahora nada más acerca de ellos.

Las únicas objeciones que se me han ocurrido son: 1.º Que ha cargado usted con una dificultad innecesaria al adoptar de manera tan firme el *Natura non facit saltum* [«La naturaleza no da saltos»], y 2.º No veo claro por qué, si las condiciones físicas que se mantienen constantes tienen tan poca importancia como usted supone, debe producirse la variación.

No obstante, debo leer el libro dos o tres veces más antes de suponer que comienzo a encontrar agujeros en él.

Confío en que no se permitirá usted disgustarse en modo alguno por el considerable abuso y malinterpretaciones que, a menos que yo esté muy equivocado, le esperan. Se ha ganado usted la gratitud permanente de todos los hombres juiciosos. Y en cuanto a las maldiciones que se ladrarán y gritarán, debe recordar que, de cualquier manera, algunos de sus amigos están provistos de una combatividad que (aunque a menudo usted ha reprochado) puede ser buena para usted.

Yo estoy afilando mis garras y picos para tenerlos dispuestos.

Que tenía bien afiladas sus garras para defender a Darwin y su teoría es algo que se comprobó pronto, en la mencionada reunión de la British Association for the Advancement of Science, celebrada en Oxford entre el 27 de junio y el 4 de julio de 1860, en el espléndido Museo de Historia Natural que se inauguró aquel mismo año.

La confrontación en Oxford

Existen varias descripciones de la confrontación entre el obispo Wilberforce y Huxley, pero desgraciadamente no se ha conservado una carta que Huxley envió a Darwin con su versión. En las voluminosas (574 páginas) actas publicadas de la reunión, *Report of the Thirtieth Meeting of the British Association for the Advancement of Science* (John Murray, Londres, 1861), únicamente aparecen resúmenes de dos intervenciones en las que se mencionó la teoría de Darwin: la de C. J. B. Daubeny, catedrático de Botánica en Oxford («Remarks on the final causes of the sexuality of plants, with particular reference to Mr. Darwin's work "On the Origin of Species by Natural Selection"») y la del químico de origen británico instalado en Estados Unidos John William Draper («On the intellectual development of Europe, considered with reference to the views of Mr. Darwin and others, that the progression of organisms is determined by law»). Una de las descripciones existentes es la del reverendo William H. Fremantle (1807-1861), que asistió a aquella mítica sesión, y que se reprodujo tanto en el libro que Francis Darwin compuso para recordar a su padre, *Charles Darwin: His Life Told in and Autobiographical Chapter, and in a*

Selected Series of His Published Letters (1892), como en otro similar, *Life and Letters of Thomas Henry Huxley*, editado por Leonard Huxley. Fremantle escribió:

> El obispo de Oxford atacó a Darwin, al principio de manera juguetona, pero después con inexorable formalidad [...]. «¿Qué ha aportado [la teoría darwiniana]?», exclamó [...]. Y entonces comenzó a burlarse: «Querría preguntar al profesor Huxley, que está sentado a mi lado, y está dispuesto a hacerme picadillo en cuanto me siente, acerca de su creencia de que desciende de un mono. ¿Procede esta ascendencia del lado de su abuelo o del de su abuela?».
>
> Y entonces, adoptando un tono más grave, afirmó, en una solemne perorata, que las ideas de Darwin eran contrarias a lo revelado por Dios en las Escrituras. El profesor Huxley no tenía ganas de responder, pero, al solicitárselo, habló con su habitual penetración y con algo de desdén: «Estoy aquí solamente en interés de la ciencia —dijo— y no he oído nada que pueda perjudicar los intereses de mi augusto defendido» [...]. Por último, con relación a descender de un mono, dijo: «No sentiría ninguna vergüenza de haber surgido de semejante origen, pero sí que me avergonzaría proceder de alguien que prostituye los dones de cultura y elocuencia al servicio de los prejuicios y la falsedad».

Charles Lyell también se refirió al debate entre Wilberforce y Huxley. Lo hizo en una carta que envió al botánico y paleobotánico sir Charles Bunbury el 4 de julio. En ella, y después de señalar que, aunque había estado en la reunión de Oxford, no había podido asistir a la sesión en la sección de Zoología y Botánica en la que se produjo la discusión, decía que sabía cómo se había desarrollado y resumía lo que le dijeron de ella. Básicamente, coincidía con la versión de Fremantle, pero incluía un comentario nuevo:

> Muchos culparon a Huxley por su irreverente libertad; pero aún más, de aquellos a los que escuché hablar del enfrentamiento, y entre ellos Hugh Falconer [paleontólogo y botánico], me

aseguraron que el vicecanciller [de la Universidad de Oxford, Francis] Jeune (un liberal) manifestó que el obispo obtuvo nada más que lo que merecía. El obispo había sido muy aplaudido en la sección, pero, antes de que esta terminase, la abarrotada sección (mucha gente no pudo entrar) estaba bastante inclinada hacia el otro lado.

Bastantes años después, el 27 de junio de 1891, el propio Huxley ofreció algunos detalles de su intercambio con Wilberforce en una carta que dirigió a Francis Darwin:

Debo decir que el relato de Fremantle es sustancialmente correcto. […]

La parte singular del asunto es que yo no habría estado presente de no ser por Robert Chambers [editor, escritor y geólogo]. Había oído de la intención del obispo de utilizar la ocasión. Sabía que tenía la reputación de ser un polemista de primera clase, y yo era bastante consciente de que, si él jugaba sus cartas adecuadamente, con semejante audiencia deberíamos tener pocas posibilidades de realizar una defensa eficaz. Más aún, yo estaba muy cansado y quería unirme a mi esposa, el sábado, en la casa de campo de su cuñado cerca de Reading. El viernes me encontré con Chambers en la calle y, en respuesta a algunos comentarios suyos referentes a que iba a la reunión, le dije que yo no tenía intención de asistir, que no veía ninguna razón de abandonar la paz y tranquilidad para ser golpeado episcopalmente. Chambers replicó con vehementes contrargumentos y dijo que yo los abandonaba. Entonces dije: «¡Oh!, si se lo va a tomar así, iré y tendré mi parte de lo que vaya a suceder».

De manera que fui, y por casualidad me senté cerca del viejo sir Benjamin Brodie [un notable cirujano]. El obispo comenzó su discurso, y para mi sorpresa muy pronto demostró que era tan ignorante que no sabía cómo manejar su propio caso. Mi espíritu se animó proporcionalmente y cuando se volvió hacia mí con su insolente pregunta, le dije por lo bajo a sir Benjamin: «El Señor le ha puesto en mis manos».

Ese sagaz viejo *gentleman* me miró como si yo hubiese perdido los nervios. Pero, de hecho, el obispo había justificado mi réplica más severa, y me preparé para que la tuviese. Fui cuidadoso, sin

> embargo, en no levantarme para responder hasta que los asistentes me lo pidieran. Entonces me dejé llevar.
>
> Siendo justos con el obispo, debo confesar que no era malicioso y que fue siempre cortés cuando nos encontrábamos ocasionalmente en años posteriores. Hooker y yo abandonamos juntos la reunión, y recuerdo haberle dicho que esta experiencia había cambiado mi opinión acerca del valor práctico del arte de hablar en público, y que a partir de entonces lo cultivaría con cuidado y trataría de dejar de odiarlo. Hice aquello, pero nunca tuve éxito en dejar de odiarlo.

Así lo hizo, efectivamente. Y se convirtió en un hábil conferenciante y temido contrincante. Una de las tareas que asumió en especial a partir de entonces fue la defensa de Darwin. Así, en una carta fechada el 21 de enero de 1860, Darwin escribía a Huxley: «He indicado a [John] Murray [el editor de sus obras] que le envíe un ejemplar de la segunda edición de mi libro. Debía haber hecho esto antes, ya que usted ha sido, por encima de cualquier otro o casi de cualquiera, el más cálido y el más importante defensor de él».

RONALD FISHER, GENÉTICA Y MATEMÁTICAS: EL RENACIMIENTO DE LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN*

Aunque hace ya tiempo que la teoría de la evolución de las especies, que Charles Darwin presentó en *The Origin of Species* (1859), se ha aceptado mayoritariamente y forma parte, además, de lo que se puede denominar «cultural general», tras su publicación no fue asumida por gran parte de los naturalistas, biólogos y paleontólogos durante un largo período. David M. S. Watson, catedrático de Zoología y Anatomía Comparada en el University College de Londres, ofrece un buen ejemplo en este sentido. En la conferencia que pronunció como presidente de la Sección de Zoología de la reunión de la Asociación Británica para el Avance de la Ciencia, que se celebró en 1929, manifestó lo siguiente: «Las únicas dos "teorías de evolución" que han obtenido alguna atención, la de Lamarck y la de Darwin, se apoyan en una base muy poco segura; la validez de las suposiciones en que se basan ha sido examinada pocas veces y no interesan a la mayoría de los zoólogos jóvenes».

Darwin hablaba de competencia entre poblaciones de especies, pero no utilizó ningún procedimiento preciso para relacionar esa competencia con la generación de nuevas especies. No fue capaz de aplicar técnicas estadístico-matemáticas a sus formulaciones naturalistas, algo que sí hizo el monje agustino y botánico Gregor Mendel (1821-1884), el fundador de la genética. Los experimentos que realizó con guisantes le condujeron a proponer una teoría de la herencia, que, desarrollada, es la que básicamente se impondría.

El primer paso dirigido a enriquecer la formulación darwiniana con un tratamiento matemático procedió de una persona inesperada, de un hombre nada interesado en las posibles aplicaciones de la matemática: Godfrey Harold Hardy, uno de los protagonistas de otro de los capítulos de este libro. Hardy aplicó sus conocimientos matemáticos a la entonces incipiente genética mendeliana y publicó el resultado en una nota de apenas una página que apareció en el número del 10 de julio de 1908 de la revista *Science*: «Proporciones mendelianas en una población mixta». Otra persona llegó de manera independiente al mismo resultado de Hardy, y también el mismo año (publicó su trabajo en *Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg*): el médico Wilhelm Weinberg (1862-1937); de ahí que el resultado se conozca como «ley de Hardy-Weinberg». El problema del que se ocupaba esta ley surgió en los primeros intentos de aplicar modelos matemáticos, aunque muy sencillos, a la aparición de modificaciones en la descendencia de una pareja, modificaciones producidas cuando los padres se desviaban en un cierto grado de la media de la población. Los análisis teóricos demostraban que semejantes desviaciones terminaban desapareciendo, debilitadas en los cruces entre individuos. Así que, ¿cómo explicar la aparición de nuevas especies? En sus artículos, Hardy y Weinberg demostraron que si, como dice Mendel, existen unidades discretas que transmiten los caracteres hereditarios de padres a hijos, los nuevos rasgos, que tal vez produzcan especies diferentes, sólo se mantienen si aparecen fuerzas externas perturbadoras, como la selección o la mutación. Sin ellas, tal y como lo expresaba Hardy en

su nota, «no existe el menor fundamento para la idea de que un carácter dominante pueda mostrar tendencia a extenderse sobre una población completa, o que uno recesivo tienda a desaparecer».



Ronald Fisher.



Gregor Mendel.

Hardy y Weinberg fueron los primeros en observar que la matemática avanzada podía servir bien a los intereses de la genética y el análisis de poblaciones. No fueron los únicos ni tampoco los más destacados de los que seguirían esta vía. Así, en la década de 1920 surgieron las aportaciones de Alfred Lotka (1880-1949) y de Vito Volterra (1860-1940), quienes introdujeron sus ahora clásicos modelos del comportamiento dinámico de especies que compiten (presas-depredadores). Cabe destacar en este sentido sus respectivos libros: *Elements of Physical Biology* (1924) —posteriormente tomó el título, más adecuado, de *Elements of Mathematical Biology*—, de

Lotka, y *Leçons sur la théorie mathématique de la lutte pour la vie* (1931), de Volter ra.

The Genetical Theory of Natural Selection

Un año antes de la aparición del libro de Volterra, se publicó un texto más fundamental para comprender los procesos evolutivos, *The Genetical Theory of Natural Selection* (*La teoría genética de la selección natural*, 1930). Su autor, el estadístico, genetista y eugenista británico Ronald A. Fisher (1890-1962), trabajaba por entonces en la Estación Experimental Rothamsted; en 1933 se convirtió en director del Departamento de Eugenesia del University College de Londres, y en 1943 pasó a ocupar la cátedra Balfour de Genética de la Universidad de Cambridge. *The Genetical Theory of Natural Selection* fue un libro capital en el renacimiento de la teoría de la evolución de Darwin. Fisher aplicó los métodos matemáticos propios de la estadística para introducir la teoría de la selección natural de Darwin en el único territorio en el que realmente tiene lugar la evolución, el de la genética de poblaciones; al hacerlo, contribuyó a elaborar una síntesis, informada por análisis matemáticos rigurosos, de la genética creada por Mendel y la teoría de Darwin.

No sorprende que utilizar un nuevo método para estudiar los procesos evolutivos, un método que iba más allá de la biología y las ciencias naturales y se adentraba con firmeza en el territorio de la matemática, significara que muchos de los profesionales de las ciencias biológico-naturales no comprendieran el enfoque de Fisher. Uno de los hijos del autor de *The Origin of Species*, Leonard Darwin (1850-1943), a quien de hecho estaba dedicado el libro («En gratitud por el ánimo dado al autor, durante

los últimos quince años, discutiendo muchos de los problemas que se tratan en este libro»), se dio cuenta del problema y, tras recibir un ejemplar de *The Genetical Theory of Natural Selection*, que Fisher le había enviado, escribió a éste el 9 de junio de 1930:

> No he tenido tiempo o cerebro para enfrentarme a su libro en serio. He leído el primer capítulo [...] con el resultado de que mi impresión de que será reconocido lentamente como una contribución muy importante al tema se ve confirmada. Sin embargo, no debe desanimarse con la recepción que reciba, sino confiar en los resultados últimos.

En su respuesta (12 de junio), Fisher apuntaba:

> Me pregunto si *cualquier* biólogo seguirá el argumento del primer capítulo. Primero, porque siempre se espera de un primer capítulo que sea no sólo elemental, sino trillado, y segundo, porque todos hemos crecido en la mayor confianza de que sabemos todo lo que Darwin significa. Estoy muy cansado de ver expresadas algunas perogrulladas excesivamente vagas, tales como «todo tigre defectuoso debe ser devorado por tigres», presentada como prueba «de argumento darwiniano común» y ahora creo que en el prefacio debo haber martilleado con la afirmación de que, en círculos biológicos, las ideas de Darwin habitualmente se malinterpretan groseramente, aunque esto molestará a muchas personas.

Julian Huxley (1887-1975), conocido biólogo evolutivo, además de activo escritor, humanista y eugenista, que como Leonard Darwin pertenecía a una familia de abolengo en las ciencias naturales (era nieto del gran defensor de la teoría de Darwin, Thomas Henry Huxley), también recibió un ejemplar de *The Genetical Theory of Natural Selection*, que agradecía a Fisher en una carta del 4 de mayo de 1930:

> Acabo de recibir su nuevo libro —desde el miércoles, cuando volví a casa, le he dedicado todo mi tiempo libre— y debo escribirle y felicitarlo por él. Me parece el libro más importante sobre evolución que ha aparecido este siglo.
>
> Tendré que volver de nuevo sobre partes de él; las matemáticas no son mi punto fuerte, y eso aparte de que encuentro algunos pasajes muy oscuros, ¡si se lo puedo decir!, especialmente el

> capítulo sobre propiedades métricas.
>
> Desearía haber sabido que estaba preparando este libro —me hubiera gustado que hubiéramos hablado sobre el asunto de la selección sexual— porque tengo ideas definidas acerca del valor de los pájaros territoriales monógamos. [...] No puedo entender cómo puede omitir usted cualquier discusión sobre los artículos de [John Burton] Haldane. ¿No entran en su esquema? Tampoco menciona las ideas de [Charles Sutherland] Elton [en 1927 había publicado *Animal Ecology*]; me gustaría saber lo que piensa de esto. [...]
>
> Está también el efecto selectivo de la migración; por ejemplo, los Padres Peregrinos [el grupo religioso inglés que migró a América en 1620] no eran un ejemplo aleatorio de británicos, ni los primeros colonos australianos.

Las cartas anteriores apoyan la idea de que eran escasos los biólogos de la época que comprendían las matemáticas del libro, o que estaban acostumbrados al estilo matemático de razonar. Esto explica que de las 1.500 copias que se imprimieron, únicamente un tercio se vendieran el primer año; el resto no se agotaron hasta 1947. Hoy, *The Genetical Theory of Natural Selection* es reconocido como una obra fundamental en la biología y genética evolutivas, que facilitó la aparición, bastantes años después, de otros textos relevantes que seguían líneas parecidas, como *The Theory of Island Biogeography* (1967), del ecólogo dotado matemáticamente Robert MacArthur (1930-1972) y el del entomólogo Edward O. Wilson (1929-2021), un texto clásico y fundacional de la ecología moderna.

Julian Huxley se sorprendía de que Fisher ignorase en su libro las contribuciones de John Burton S. Haldane (1892-1964) —autor de otro libro influyente, *The Causes of Evolution* (1932)—, quien forma parte, junto a Fisher y el estadounidense Sewall G. Wright (1889-1988), del gran trío de los fundadores de la genética de poblaciones. De hecho,

Fisher y Haldane fueron compañeros durante algunos años en el University College de Londres, aunque esto fue después de la publicación de *The Genetical Theory of Natural Selection*, pero estaban en desacuerdo con frecuencia. Esas opiniones diferentes afloraban en una carta que Haldane remitió a Fisher el 23 de marzo de 1930, cuando decía:

> Estoy en desacuerdo con la afirmación de que los valores de los vínculos son eminentemente susceptibles de modificación selectiva […]. La parte social es altamente controvertida. Si usted me convence tendré que convertirme en una forma extrema de socialista, ya que la herencia de la propiedad debe tender a promover poblaciones infértiles, incluso con pensiones en el salario del 12 % por hijo.

De todas maneras, Haldane recibió bien el libro de Fisher: en una reseña que publicó en la *Mathematical Gazette* (1930) decía que *The Genetical Theory of Natural Selection* establecía los fundamentos de una nueva rama de la ciencia y «debería servir no sólo para llevar la discusión del problema de la evolución a un nivel más alto, sino también para introducir a los matemáticos en un nuevo apartado de su disciplina».

Ante la buena recepción que su libro tuvo en Huxley y Haldane, Fisher escribía al primero el 6 de mayo de 1930:

> Me siento extremadamente feliz de que opine bien de mi libro, y quiero agradecerle especialmente que haya escrito tan rápida y amablemente sobre él. La importancia que usted y Haldane le adjudican —y no existen en este país dos opiniones a las que yo otorgue más peso— me da mucho placer, aunque no poco embarazo, porque, si hubiese tenido un propósito tan grande como escribir un libro importante sobre la evolución, habría tenido que intentar ofrecer una descripción de muchos trabajos sobre los que no estoy realmente cualificado para dar una opinión útil.

Y más adelante reconocía que «Una cosa que lamento mucho es no haber mencionado en el prefacio

el trabajo de Haldane como un ejemplo de trabajo preparatorio en los problemas biológicos, que me parecen tan necesarios».

Genética y futuro de la sociedad

El comentario crítico de Haldane citado anteriormente revela otra faceta de *The Genetical Theory of Natural Selection* (sus últimos cinco capítulos incidían en apartados de naturaleza «social» y se titulaban «Hombre y sociedad», «La herencia de la fertilidad humana», «Reproducción en relación a la clase social», «Selección social de la fertilidad» y «Condiciones de una civilización permanente»): que para Fisher, y también para Haldane, la genética de poblaciones podía y debía arrojar luz sobre un asunto entonces en boga, la eugenesia, materia a la que estaba dedicada la cátedra de Fisher en el University College de Londres.

La correspondencia de Fisher sobre esos asuntos incluía corresponsales, además de Haldane, Julian Huxley o Leonard Darwin, como el escritor, hermano de Julian, Aldoux Huxley, quien escribía a Fisher el 26 de septiembre de 1931: «Después de leer en su libro los efectos en la población humana de una organización social basada en la recompensa económica, ¡creo que tenemos derecho a una buena medida de oscuridad y alarma!».

Fisher y Thomas H. Morgan

Los años 1930-1932 fueron testigos de la publicación de tres libros esenciales para el «renacimiento» de la teoría darwiniana de la evolución de las especies. Además de *The Genetical Theory of Natural Selection*, de Fisher, y de *The Causes of Evolution*, de Haldane, el genetista estadounidense Thomas Hunt Morgan (1866-1945), recordado sobre todo por encontrar en

la mosca *Drosophila melanogaster* un instrumento ideal para la experimentación genética, publicó en 1932 otra obra importante, aunque destinada más al lector general que al especializado: *The Scientific Basis of Evolution*. Después de recibir un ejemplar de este libro, el 11 de octubre de 1932 Fisher escribía a Morgan:

> Como ve, me he tomado algún tiempo para considerar el gran libro [*The Scientific Basis of Evolution*] que usted fue tan amable de enviarme. Pensé, sin embargo, que preferiría esto en lugar de que yo me formase una idea precipitada y, por consiguiente, inadecuada. Creo que estará de acuerdo conmigo en que una de las principales razones por las que, a pesar de levantar tanto polvo, no estamos progresando más rápidamente en esta generación es porque realmente no nos damos unos a otros tiempo para asimilar las ideas de los demás, de forma que todos los puntos difíciles, las cosas sobre las que realmente merece la pena pensar, tienen que ser pensadas individualmente algunos cientos de veces, con grandes variaciones en eficiencia y éxito.
>
> No querrá usted que diga lo que es obviamente cierto, que su libro constituirá durante muchos años un hito en el progreso de la genética, y en su aplicación a los problemas de la evolución.

Todavía hoy, casi un siglo después de aquellos intercambios, la evolución de las especies esconde aspectos que deben clarificarse, aunque ahora cuenta con una herramienta extraordinaria, la biología molecular.

Problemas en la publicación en revistas científicas

Si Ronald Fisher tuvo problemas con la difusión de su libro, *The Genetical Theory of Natural Selection*, también los tuvo con la publicación de sus artículos en alguna revista científica, el medio más utilizado y más dinámico desde hace mucho tiempo para dar a conocer resultados científicos. Precisamente por la importancia que tienen las revistas en la ciencia, es interesante reproducir la carta que Fisher dirigió al botánico, genetista y eugenista Cyril Dean Darlington (1903-1981) el 9 de enero de 1936:

> Estoy sorprendido, y bastante conmocionado, al escuchar que

usted ha tenido dificultades con la aceptación de los artículos científicos. Aunque la mayor parte de mi material es sobre temas muy diferentes a los suyos, mi propia experiencia sobre este punto puede que no sea en conjunto irrelevante.

Cuando empecé a escribir sobre estadística matemática, supuse que una revista especializada era el sitio más adecuado en el que publicar. *Biométrica* era por entonces la única revista disponible. Publiqué un artículo allí, que apareció en 1915. A éste le siguieron, en ése y en el año siguiente, dos largos artículos editoriales, bajo los nombres de un grupo de contribuidores, desarrollando la solución que yo había dado. El editor no me informó de que él pensaba que serían deseables unos desarrollos posteriores, ni me invitó a cooperar, ni, de hecho, me dijo que estuviese haciendo algo al respecto. Lo siguiente fue que rehusó publicar otro artículo en el que daba nuevos resultados y respondía a determinadas críticas que él había incorporado en el estudio cooperativo, así que me vi forzado a buscar en otro sitio para el futuro, y publiqué mi respuesta en la revista italiana, o internacional, *Metron*, enviando el artículo directamente al editor para evitar su eliminación por el agente editorial nominado de esa revista en este país. Desde entonces no le he ofrecido ningún artículo a *Biométrica*, y he publicado muy poco en las revistas especializadas en matemática estadística. En consecuencia, los métodos que ya estaba desarrollando aparecían, por regla general, a propósito de una aplicación determinada, en algo así como treinta revistas diferentes.

El único inconveniente que he sentido como consecuencia de esto es que, bastante frecuentemente, algún escritor matemático, en búsqueda de pruebas y de una disquisición teórica más comprensible y coherente de las que ha encontrado, ha publicado algún nuevo resultado que yo ya había dado con anterioridad, o lo que es ligeramente más irritante, ha afirmado que yo no había proporcionado la prueba de algún punto importante, cuando él meramente la había pasado por alto.

Aparte de este inconveniente académico, estoy convencido de que el publicar en revistas no especializadas ha tenido para mí muchas más ventajas personales, tanto por forzarme a pensar problemas desde el punto de vista de los que probablemente necesitan sus soluciones como por dar a conocer mis métodos a un número bastante amplio de trabajadores que probablemente los utilicen.

La moraleja que estoy inclinado a sacar es que nuestras revistas científicas son, en conjunto, demasiado especializadas para la utilidad real; que la genética, por ejemplo, está innecesariamente

> bastante aislada de, y desconocida para, el gran cuerpo de zoólogos, botánicos y físicos, sólo porque muy pronto se proveyó de buenas revistas especializadas, de manera que los descubrimientos genéticos, cuando se hacían, sólo llegaban a conocerse por el pequeño grupo que ya estaba interesado en el tema. En consecuencia, digo, bajo ninguna circunstancia funde una revista dedicada a genética citológica como muchos, quizá, estén inclinados a aconsejar.

En 1947, Fisher y Darlington fundaron la revista *Heredity*.

VOLTA, ØRST ED, AMPÈRE Y EL NACIMIENTO DEL ELECTROMAGNETISMO*

La ciencia busca establecer las leyes, en la forma más general posible, a las que obedecen los fenómenos que se dan en la naturaleza. Ésta es la tarea a la que se dedican, básicamente, los científicos *teóricos*, pero es casi imposible encontrar tales leyes sin *observar* lo que realmente sucede en la naturaleza, esto es, sin realizar experimentos: la naturaleza es mucho más «imaginativa» que la más fecunda y creativa de las mentes humanas. Y si hablamos de experimentos, hay que hacerlo de instrumentos. Los hay y ha habido de todo tipo, desde las humildes reglas de medir hasta los gigantescos y tecnológicamente refinados aceleradores de partículas o telescopios espaciales, pasando por otros menos abrumadores como termómetros, telescopios, microscopios, barómetros o ultracentrifugadoras. Todos ellos abrieron puertas antes vedadas al conocimiento de la naturaleza. De uno de estos instrumentos, cuya repercusión fue extraordinaria, me voy a ocupar aquí: la pila (o batería) eléctrica, inventada en 1800 por el físico italiano Alessandro Volta (1745-1827).

Alessandro Volta

En realidad, lo que hizo Volta fue reaccionar ante los resultados obtenidos por un médico italiano, Luigi Galvani (1737-1798). En 1786, mientras estudiaba la influencia de la electricidad en la irritabilidad de los nervios de animales, Galvani observó que cuando los nervios lumbares de una rana muerta se comunicaban con los músculos crurales por medio de un circuito metálico, éstos se contraían violentamente. Desde 1780, Galvani sabía que las descargas eléctricas

producidas en máquinas eléctricas daban lugar a conmociones análogas sobre ranas muertas. El fenómeno que observó en 1786 lo atribuyó a la existencia de una electricidad inherente al animal, una *electricidad animal* que en su opinión era «producida por la actividad del cerebro, y extraída muy probablemente de la sangre, y transmitida a los músculos a través de un fluido eléctrico», como manifestó en un libro titulado *Viribus electricitatis in motu musculari* (*Comentario sobre los efectos de la electricidad en el movimiento muscular*, 1791).

La tesis de Galvani fue criticada por Volta, que advirtió que las contracciones musculares eran mucho más enérgicas cuando el vínculo entre las dos partes de la rana estaba formado por dos metales unidos. Dedujo, en consecuencia, que la electricidad se producía en el contacto entre ambos metales y que las partes animales sólo actuaban como conductores, al tiempo que servían como detectores de electricidad muy sensibles. Con base en esta idea, construyó un «generador de electricidad», completamente diferente a la botella de Leiden. Se componía de una serie de discos apilados unos sobre otros en el orden siguiente: un disco de cobre, otro de cinc, una rodaja de paño empapada en agua acidulada, luego un disco de cobre, otro de cinc, una nueva rodaja de paño, y así sucesivamente en el mismo orden, cuidando de sostener los discos mediante tres varillas cilíndricas aislantes de vidrio. Se trataba de un instrumento revolucionario, ya que producía corriente eléctrica de manera continua, y no mediante descargas, y ello abría de par en par las puertas al estudio de los fenómenos eléctricos.

Para difundir su invención, Volta escogió el

formato de una carta, pero una carta para hacerla pública, no limitada a un único corresponsal. La envió a Joseph Banks, presidente de la Royal Society inglesa, quien hizo que se publicase (en su original francés, aunque bajo un título en inglés, «On the electricity excited by the mere contact of conducting substances of different kinds») en las *Philosophical Transactions* de la Sociedad; enseguida fue traducida al inglés para su publicación en el *Philosophical Magazine*). La carta comenzaba como sigue:

> Después de un largo silencio, por el cual no ofrezco ninguna excusa, tengo el placer de comunicarle a usted, y a través suyo a la Royal Society, algunos resultados notables que he obtenido continuando con mis experimentos sobre la electricidad excitada por el mero contacto mutuo entre diferentes tipos de metales, e incluso por el de otros conductores, también diferentes entre sí, ya sean líquidos o contengan algún líquido, a los que se debe propiamente su poder conductor. El principal de estos resultados, que prácticamente comprende todo el resto, es la construcción de un aparato que se parece en sus efectos (esto es, en la conmoción que es capaz de producir en los brazos, y otras experiencias) a la botella de Leiden, o, más bien, a una batería eléctrica cargada débilmente que actúa incesantemente, y que se cargase a sí misma después de cada explosión; en una palabra, que tuviese una carga inagotable, una acción o impulso perpetuo o impulso sobre el fluido eléctrico.



Alessandro Volta.

Hay desarrollos científicos que tardan en difundirse, en ser aceptados por la comunidad científica. El de Volta no fue uno de ellos. Y él ayudó a que fuera así.

En septiembre de 1801, Volta partió hacia París con el objetivo de difundir su descubrimiento, que también había anunciado en una revista francesa. No era, en absoluto, un francófilo, sino un anglófilo, como demuestra el que enviase las primeras noticias de la pila a Inglaterra. De hecho, su comportamiento únicamente se puede entender en clave política. Así, cuando anunció al presidente de la Royal Society su descubrimiento, Austria, aliada de los británicos, había recuperado momentáneamente el control de Lombardía, que los franceses habían tomado en la primavera de 1796; los franceses cerraron entonces la Universidad de Pavía y Volta perdió su empleo y salario. Y cuando viajó a París en el otoño de 1800, las tropas galas habían vuelto a controlar Italia. También, por supuesto, hay que tener en cuenta que entonces, a ojos de muchos, el centro de la ciencia mundial era París y no ciudades como Londres.

En París, se entrevistó con Chaptal, Berthollet, Monge, Fourcroy y Cuvier, y fue asimismo invitado a presentar sus resultados en el Instituto de Francia. Napoleón asistió a las tres demostraciones que realizó Volta ahí. He aquí cómo describió François Arago, en la necrológica que dedicó a Volta en la Académie des Sciences el 26 de julio de 1831, la reacción de Napoleón:

> Invitado por el general Bonaparte, conquistador de Italia, Volta volvió a París en 1801. Repitió sus experimentos sobre la electricidad por contacto delante de una numerosa comisión del

> Instituto. El primer cónsul quiso asistir en persona a la sesión en la que los comisarios dieron cuenta detallada de aquellos grandes fenómenos. Apenas fueron leídas sus conclusiones, Napoleón propuso otorgar a Volta una medalla de oro destinada a consagrar el reconocimiento de los sabios franceses. [...] Se votó a favor de la medalla por aclamación, y como Napoleón no dejaba nada a medias, el sabio viajero recibió el mismo día, de los fondos del Estado, una suma de 2.000 écus [escudos] para sus gastos de viaje. El establecimiento de un premio de 60.000 francos a favor de quien imprimiese a las ciencias de la electricidad o del magnetismo un impulso comparable al que había recibido de manos de Franklin o de Volta no es más que un signo característico del entusiasmo que experimentó el gran capitán. Esta impresión fue duradera. El profesor de Pavía se convirtió para Napoleón en el prototipo del genio. Así, le hemos visto decorado con la cruz de la Legión de Honor y con la Corona de Hierro; nombrado miembro del consejo italiano; elevado a la dignidad de conde y a la de senador del reino lombardo. Cuando [una representación italiana] se presentaba en el palacio, si Volta, por casualidad, no se encontraba allí, surgían las bruscas preguntas, «¿Dónde está Volta? ¿Estará enfermo? ¿Por qué no ha venido?», que mostraban con demasiada claridad que a los ojos del soberano los otros miembros, a pensar de sus saberes, no eran más que simples satélites del inventor de la pila.

La sesión en la que el Instituto, siguiendo los deseos de Bonaparte, concedió a Volta la medalla de oro tuvo lugar el 17 de noviembre de 1801, y en junio del año siguiente, 1802, el general anunció que establecería una medalla de oro y un premio de 3.000 francos anuales para el mejor experimento que se realizase cada año sobre el «fluido galvánico», además de, como señalaba Arago, un premio de 60.000 francos, a otorgarse una sola vez, para quien llevase a cabo descubrimientos en electricidad y galvanismo comparables a los realizados por Benjamín Franklin y Volta.

Hans Christian Ørsted

Entre los que tuvieron pronta noticia del invento de Volta se encuentra el danés Hans Christian Ørsted (1777-1851), quien el 5 de septiembre de 1789 había

defendido su tesis doctoral para la que utilizó, traducido al latín, un trabajo suyo titulado *Grundtraekkene af Naturmetaphysikken* (*Fundamentos de la metafísica de la naturaleza*). Como su título indica, se trataba de una exposición de carácter filosófico en la que primaba la idea de que el atomismo no podía competir en la explicación de la naturaleza, incluida la materia, con una teoría que se basase en fuerzas. El deseo de crear una ciencia de la naturaleza general, entender la naturaleza como un todo orgánico, guio todos los intereses científicos de Ørsted a lo largo de su carrera.



Hans Christian Ørsted.

Aunque en su tesis aludía en ocasiones a fenómenos y experimentos físicos, acaso el joven Hans Christian no habría ido mucho más allá de sus divagaciones filosóficas, esto es, no se habría adentrado en el territorio de la experimentación de no haber sido porque, poco después de finalizar sus estudios universitarios, aproximadamente al tiempo que Volta construía su pila, Ørsted recibió el encargo de dirigir una próspera farmacia en Copenhague mientras su propietario, Johan Georg Ludvig Manthey (1769-1842), viajaba por el extranjero. Manthey conocía a Ørsted porque fue su alumno cuando enseñaba Química Farmacéutica en la Academia de Cirugía. La oportunidad fue magnífica porque entre las amplias facilidades de la farmacia figuraba un laboratorio, en el que Ørsted pudo iniciarse en prácticas galvánicas. Le ayudaron en este sentido los trabajos del físico y filósofo alemán Johann Wilhelm Ritter (1776-1810), cuyas investigaciones experimentales pretendían comprender los fenómenos eléctricos, galvánicos, magnéticos y químicos no de manera aislada, sino a través de sus relaciones mutuas. Ørsted compró y leyó con pasión el libro de Ritter, *Beweis, dass ein beständiger Galvanismus den Lebensprozess in Thierreich begleite* (*Demostración de que un galvanismo continuo acompaña los procesos de la vida en el reino animal*, 1798). En octubre de 1800, escribía a Manthey, entonces en París: «Cuando se coloca un disco de plata sobre un disco de cinc y luego de esto un trapo de algodón o la hoja de un mapa, y encima de esto otro disco de plata, un disco de cinc y un trapo de algodón, y así hasta que alcanza una cierta altura de, digamos, veinte de cada uno, y se conectan a un

conductor, entonces se producen fenómenos eléctricos». Le anunciaba, como vemos, el descubrimiento de Volta.

Tras el regreso de Manthey, fue Ørsted quien emprendió un *tour* europeo. En agosto de 1801 partió en un viaje que le llevó a Alemania, Francia y Holanda. El 18 de septiembre se entrevistó con Ritter; en su diario anotó: «Este hombre ha hecho grandes descubrimientos de los que solamente pocos son conocidos; una parte de sus descubrimientos han sido publicados por otros como si fueran suyos, y él es muy reservado. No es sino después de varias entrevistas cuando he ganado su confianza».

No hay duda de que se ganó su confianza: de las 631 páginas del segundo volumen de la correspondencia de Ørsted, 254 reproducen cartas que ambos intercambiaron. Como Ritter es especialmente recordado por haber construido en 1802 una batería electroquímica formada por cincuenta discos de cobre separados por discos de cartón empapados con una solución salina (esto es, fabricó una gran pila de Volta que acumulaba —*acumulador*— electricidad), deducir que Ørsted se familiarizó con la pila de Volta a través de los escritos de Ritter no es arriesgado. Además, Ritter defendía la *Naturphilosopie*, el movimiento filosófico romántico alemán, uno de cuyos elementos era la unidad de las fuerzas presentes en la naturaleza, tesis que Ørsted compartía y que facilitó su descubrimiento de 1820.

Así fue como Hans Christian Ørsted se inició en unos estudios que harían de él, dos décadas más tarde, uno de los nombres que ninguna historia de la física puede dejar de citar. En efecto, el 21 de abril de 1820, durante una clase (desde 1806 era profesor en la

Universidad de Copenhague), Ørsted demostró que la variación de electricidad afecta al magnetismo. Fue la puerta al estudio de la interacción entre ambas fuerzas, que abrió el camino —especialmente a Faraday— que condujo a la elaboración, por parte de James Clerk Maxwell, de una síntesis electromagnética. El experimento fue en realidad sencillo: un circuito, una pila de Volta y una brújula situada al lado del circuito; cuando se cerraba el circuito con la pila, en el momento en que comenzaba a circular la electricidad, la aguja de la brújula se movía. La electricidad afectaba al magnetismo; de alguna manera, por consiguiente, estas dos fuerzas estaban relacionadas.

Al igual que había hecho con su tesis, escribió primero una memoria muy breve en latín, a la que siguió otra más extensa, *Experimenta circa effectum conflictus electrici in acum magneticam* (*Experimentos sobre el efecto del conflicto eléctrico en una aguja magnética*), que envió a sociedades y científicos extranjeros. Se tradujo de inmediato y se publicó en inglés (en *Annals of Philosophy*), en francés (en el tomo 14 de los *Annales de Chimie et de physique*, bajo el título de «Expériences sur l'effet du conflit électrique sur l'aiguille aimantée»; también en la *Bibliothèque universelle des sciences* de Ginebra y en los *Annales générales des sciences physiques* de Bruselas), en alemán (en el *Journal für Chemie und Physik* y en el *Annalen der Physik*) y en italiano (*Giornale de fisica, chimica e storia naturale*). La Académie des Sciences parisina, en un acto no muy diferente al que veinte años antes había dedicado a Volta, lo honró con un premio. El 5 de abril de 1822, Jean-Baptiste Delambre, secretario permanente de la sección de Ciencias Matemáticas, le

escribía al respecto:

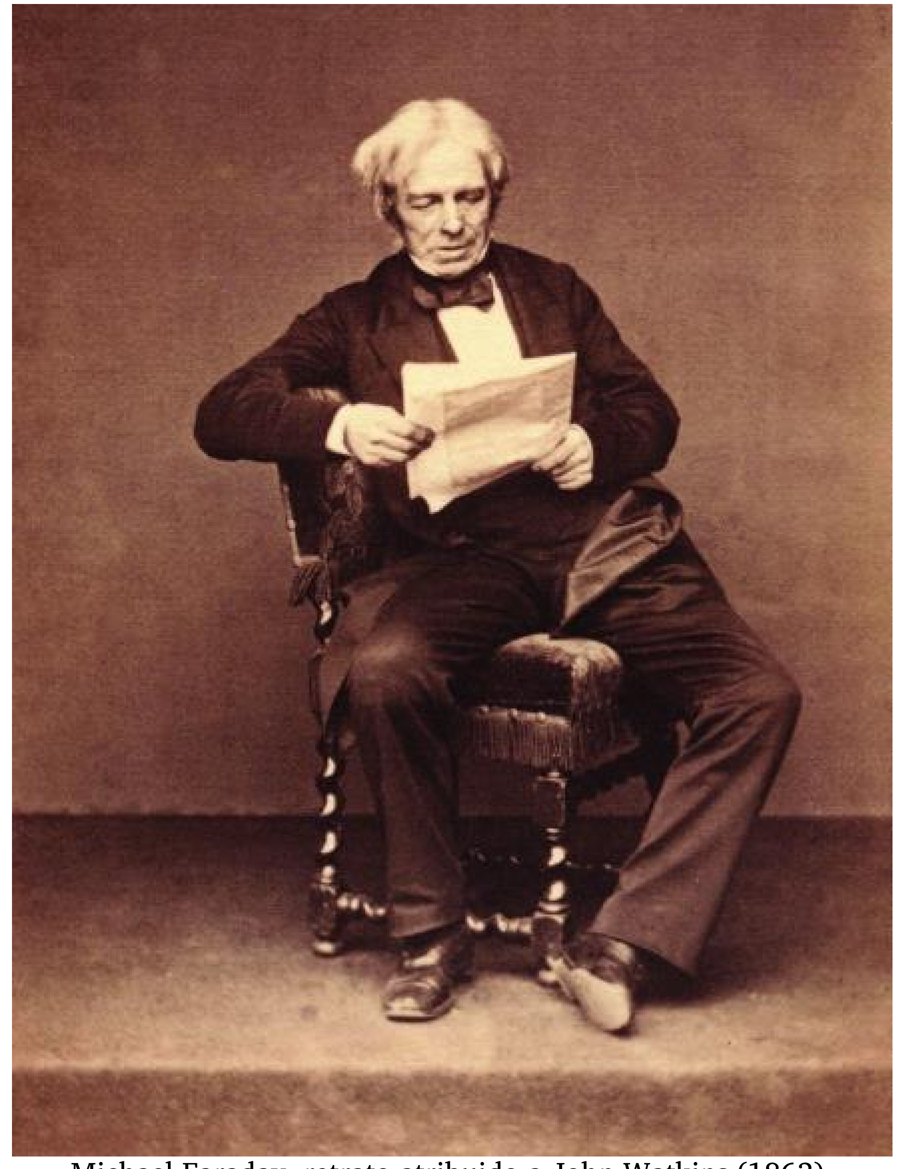
> Es con el mayor placer, señor, que tengo el honor de anunciaros que queriendo recompensar vuestro descubrimiento de la acción de la pila voltaica sobre la aguja imanada, que proporciona un nuevo principio a las matemáticas aplicadas, y que ya ha dado lugar a aplicaciones interesantes, que la academia os ha concedido el premio de matemáticas de este año, consistente en una medalla de oro de 3.000 francos de valor.
>
> El premio será anunciado solemnemente en la sesión pública del 8 de este mes y podrá hacer retirar el valor en la Secretaría del Instituto por la persona que juzgue conveniente, mediante la acreditación correspondiente.

Las presentaciones públicas de los trabajos científicos no son necesariamente fiables en lo relativo a cómo se llegó a éstos (si es que este punto se aborda, lo que no es frecuente), ni siquiera cuando se trata de un experimento en apariencia tan sencillo como el que llevó a cabo Ørsted en 1820. Afortunadamente, disponemos de una carta que un antiguo colaborador de Ørsted, el noruego Christopher Hansteen (1784-1873), escribió a Michael Faraday el 30 de diciembre de 1857, mucho tiempo después del descubrimiento. No obstante, a pesar de una distancia temporal tan amplia, arroja alguna luz acerca de las circunstancias en que éste se realizó:

> El profesor Ørsted era un hombre de genio, pero un muy pobre experimentador; no podía manipular instrumentos. Tenía que tener siempre un ayudante o uno de sus oyentes, que fuesen hábiles con las manos para preparar el experimento; le ayudé a menudo de esta manera, como un oyente. Ya en el siglo anterior, muchos pensaban que existía una gran conformidad y tal vez identidad entre las fuerzas eléctrica y magnética; solamente era cuestión de demostrarlo experimentalmente. Ørsted había intentado colocar el cable de su batería galvánica perpendicular (en ángulo recto) sobre la aguja magnética, pero no advirtió ningún movimiento apreciable. En una ocasión, después del final de su clase, como había utilizado una batería galvánica potente para otros experimentos, dijo: «Como la batería está en uso, intentemos ahora colocar el cable paralelo a la aguja». Al hacer esto, se sorprendió al ver que la aguja oscilaba mucho (casi en

ángulos rectos con el meridiano magnético). Entonces dijo: «Invirtamos el sentido de la corriente», y la aguja se desvió en la dirección contraria. Así se hizo la gran detección; y se ha dicho, no sin razón, que «se realizó accidentalmente». Antes, él [Ørsted] pensaba como cualquier otra persona que la fuerza debería ser *transversal*. Pero como en una ocasión parecida dijo Lagrange de Newton: «Estos accidentes sólo se dan en personas que lo merecen».

Usted [Faraday] completó la detección, invirtiendo el experimento, demostrando que una *corriente eléctrica* puede ser excitada por un *imán*; y esto no fue un accidente, sino una consecuencia de un idea clara.



Michael Faraday, retrato atribuido a John Watkins (1863).
© *Adoc-photos/Album*

Efectivamente, en 1821, poco después de saber de los trabajos de Ørsted, Michael Faraday (1791-1867) demostró que un hilo conductor por el que pasa una corriente eléctrica puede girar de manera continua alrededor de un imán (y viceversa), con lo que se vio que era posible obtener efectos mecánicos (movimiento) de una corriente que interacciona con

un imán. Sin pretenderlo, había sentado el principio del motor eléctrico. Pero en su trabajo de 1821 aún no había demostrado el efecto recíproco al obtenido en 1820 por Ørsted, esto es, que la variación del magnetismo puede afectar a la electricidad. Esto lo conseguiría una década después, en 1831, prácticamente al mismo tiempo que lo hacía el físico estadounidense Joseph Henry (1797-1878), aunque éste se demoró en hacer públicos sus resultados.

André-Marie Ampère

En Francia, los científicos reaccionaron más rápidamente ante el experimento de Ørsted. El 3 de noviembre de 1820, desde París, el zoólogo Henri-Marie Ducrotay de Blainville, editor desde 1817 de la revista *Journal de Physique, de Chimie, d'Histoire Naturelle et des Arts* (comenzó a publicarse en 1794), y bien informado de lo que sucedía en la ciencia europea (en 1800 ya había publicado algunos artículos de Ørsted), anunciaba al científico danés:

> Sobre todo, M. Ampère, quien ya le profesaba una verdadera estima después de vuestra obra sobre la identidad de las fuerzas químicas y eléctricas, que le había proporcionado nuestro común amigo M. Chevreul, ha entrado con audacia en el campo que usted ha descifrado y parece que su esfuerzo ha sido recompensado por descubrimientos importantes.

Básicamente, la dinámica tras recibir la noticia del trabajo de Ørsted fue como sigue. François Arago, que había estado viajando por el extranjero y sabido del descubrimiento de Ørsted mientras estaba en Ginebra, llevó en persona la noticia a París: el 11 de septiembre de 1820 describió el experimento en una de las sesiones de la Académie. El físico y matemático André-Marie Ampère (1775-1836), miembro de la Académie y profesor en la École Polytechnique, que estaba presente en la sesión, se dedicó enseguida a

ahondar en las relaciones entre magnetismo y electricidad. Una de las ideas a la que llegó fue la posibilidad de que los circuitos eléctricos ejercieran fuerzas entre sí, pero esto no se podía deducir del experimento de Ørsted; había que intentar demostrarlo experimentalmente, tarea a la que se dedicó enseguida. Una semana después del anuncio de Arago consiguió demostrar que dos hilos conductores por los que pasa una corriente se atraen si las corrientes circulan en ambos en el mismo sentido y se repelen si lo hacen en sentidos opuestos. Es la famosa «ley de Ampère», una pieza importante de la electrodinámica. Publicó este resultado, junto a otros relacionados, en el volumen 15 del *Journal de Physique, de Chimie, d'Histoire Naturelle et des Arts* de Blainville, bajo el título: «Conclusions d'un Mémoire sur l'Action mutuelle de deux courants électriques, sur celle qui existe entre un courant électrique et un aimant, et celle de deux aimans l'une sur l'autre; lu à l'Académie royale de sciences, le 25 septembre 1820». Inmediatamente, otros dos físicos franceses, Jean-Baptiste Biot y Félix Savart, presentaron otros resultados importantes derivados del experimento de Ørsted. De todo esto, Blainville informaba también a Ørsted en la citada carta de noviembre.

Finalmente, citaré una carta que Ampère escribió a su hijo, Jean-Jacques, que se encontraba en Ginebra (Suiza), el 19 septiembre de 1820, esto es, en medio de los anteriores desarrollos, y que arroja luz sobre algunos detalles de lo que hizo Ampère y de las ayudas que recibió:

> Nada me ha dado más placer, mi buen hijo, mi amigo más querido, que tus dos cartas desde Lucerna [del 9 de septiembre]. Me atormentaba no tener más noticias tuyas y, cuando las leí, era como un hombre famoso al que le llevan una excelente cena con

dos servicios llenos de manjares deliciosos; estos manjares eran pensamientos, pinturas, sentimientos, que me atrapaban, me hacían participar de las impresiones que tú has sentido en esa bella Suiza y me encantaban por su parecido con las mías. Pintas admirablemente los lugares que has recorrido, y los detalles relativos al eclipse me han interesado particularmente. Espero tu regreso como un momento muy feliz de mi vida. Por lo que me dices, lo espero en tres semanas.

¡Continúa tomando nota de todas las plantas que encuentres en tu viaje! Si puedo conseguir algunas en el Jardin du Roi, las cultivaré en el mío y las verás allí en recuerdo de Suiza […].

25 de septiembre por la tarde. He cometido un grave error y me arrepiento mucho de no haber enviado esta carta hace tres días. No encontraría consuelo si no pensase que enviándola mañana aún te encontrará en Ginebra […], pero todos mis momentos han estado ocupados con una circunstancia importante de mi vida. Desde que oí hablar por primera vez del bello descubrimiento de M. Ørsted, profesor en Copenhague, acerca de la acción de corrientes galvánicas sobre la aguja imanada, he pensado continuamente en ello y no he hecho más que escribir una gran teoría sobre estos fenómenos y todos los ya conocidos sobre el imán, e intentar experimentos adecuados para esta teoría, todos los cuales han tenido éxito, haciéndome conocer otros tantos hechos nuevos. He leído el principio de una memoria en la sesión del lunes, hoy hace ya ocho días. Los días siguientes, he realizado, bien con Fresnel, bien con Despretz, experimentos que la confirmaban; los he repetido todos el viernes en casa de Poisson, donde se habían reunido los dos, de Mussy, Rendu, varios alumnos de la École Normale, el general Campredon, *etc.* Todo funcionó de maravilla; pero el experimento decisivo que yo había concebido como prueba definitiva exigía dos pilas galvánicas; lo intenté en mi casa, junto a Fresnel, con dos pilas bastante débiles, pero no tuve ningún éxito. Por fin, ayer conseguí de Dulong que permitiera a Dumotier que me vendiera una gran pila que se había construido para el curso de física de la Facultad y que acababan de terminar. Esta mañana el experimento se ha hecho en casa de Dumotier con éxito total y repetido hoy a las cuatro en la sesión del Instituto [de Francia]. Ya no me han hecho ninguna objeción y aquí tengo una nueva teoría del imán que, de hecho, relaciona todos los fenómenos con los del galvanismo

Esto no se parece en nada a lo que se decía hasta ahora. Se lo explicaré mañana de nuevo a M. de Humboldt, y pasado mañana a M. Laplace en el Bureau des Longitudes.

Como vemos, en París existía una extensa

comunidad de científicos. Era entonces la «capital de la ciencia», y la electricidad y el magnetismo se beneficiaron ampliamente de ello.

JAMES CLERK MAXWELL: EL VALOR CIENTÍFICO DE LA AMISTAD*

James Clerk Maxwell (1831-1879) es uno de los grandes científicos de la historia. En física, es posible argumentar que únicamente Isaac Newton y Albert Einstein le preceden en una hipotética escala de excelencia. El mismo Einstein reconoció la importancia de algunas de sus aportaciones en un libro que celebraba el centenario de su nacimiento:

> Se produce entonces [mediados del siglo XIX] el gran cambio, que para siempre estará asociado a los nombres de Faraday, Maxwell y Hertz. En esta revolución, la parte del león corresponde a Maxwell. Demostró que el conjunto de lo que por entonces era conocido acerca de la luz y de los fenómenos electromagnéticos se podía expresar mediante su conocido doble sistema de ecuaciones en derivadas parciales, en las que los campos eléctrico y magnético aparecen como las variables dependientes.

Maxwell nació en Edimburgo, en el seno de una familia acomodada. En su momento, heredó una gran finca, Glenair, al suroeste de Escocia. Aunque estudió Derecho, el principal interés de su padre, John Clerk Maxwell, era la tecnología. Sin embargo, no fue a su progenitor a quien James debió sus primeras enseñanzas: durante los ocho primeros años de su vida, la mayor parte de la educación que recibió procedió de su madre, Frances Cay, quien desgraciadamente murió de cáncer en 1839, la misma enfermedad de la que fallecería su hijo, cuarenta años más tarde.

Estudios universitarios



James Clerk Maxwell y su esposa, en Escocia (*c*. 1875).
© *Archive PL/Alamy/ACI*

En noviembre de 1842, Maxwell comenzó sus estudios formales en la Edinburgh Academy. Allí encontró algunos condiscípulos que se convirtieron en sus amigos para toda la vida. Uno de ellos fue Peter G. Tait (1831-1901), que llegó a ser un distinguido científico, catedrático de Filosofía Natural (el nombre con el que todavía se designaba a la Física en el Reino Unido) en la Universidad de Edimburgo. A la amistad que mantuvo con Tait se sumó la de William Thomson (lord Kelvin a partir de 1892), catedrático en Glasgow

y una de las figuras más notables de la física y la tecnología del siglo XIX. Los tres mantuvieron frecuentes intercambios epistolares; en sus cartas, Thomson y Tait firmaban, respectivamente, como *T* y *T'*, y Maxwell como *dp/dt*, puesto que en uno de los libros de Tait (*Sketch of Thermodynamics*, 1868) la segunda ley de la termodinámica se escribía como: $dp/dt = JCM$, las iniciales de Maxwell (*J* denotaba el equivalente mecánico del calor, *C* la función de Carnot y *M* el calor absorbido por unidad de volumen, manteniendo constante la temperatura).

Durante los cinco años que pasó en la Edinburgh Academy, Maxwell dio muestras de su inteligencia: a la edad de quince años escribió su primer artículo científico, un trabajo sobre la geometría de curvas cónicas. En noviembre de 1847 entró en la Universidad de Edimburgo, donde siguió los tres primeros cursos de una carrera que constaba de cuatro. Esto quiere decir que no completó sus estudios y que, por consiguiente, no obtuvo ningún título. Semejante comportamiento no fue ni involuntario ni era infrecuente: se trataba de una maniobra habitual para poder estudiar en la universidad británica más prestigiosa en ciencia de la época, la de Cambridge, que no admitía como alumnos a quienes ya poseyesen un título por otra universidad.

En los años que pasó en la universidad escocesa, Maxwell no sólo se dedicó a avanzar en sus estudios de física y matemáticas, sino que también se interesó por la filosofía. A través de sus cartas de juventud se puede comprobar que sus lecturas de filosofía fueron numerosas. En una de esas cartas, fechada el 26 de abril de 1850 y dirigida a su amigo Lewis Campbell, mencionaba algunas lecturas que se proponía realizar:

«4. Metafísica: La *Kritik of Pure Reason*, de Kant, en alemán, leerla con una determinación de hacer que esté de acuerdo con sir W. Hamilton. 5. Filosofía Moral: Principios metafísicos de filosofía moral. El *Leviathan*, de Hobbes, con su filosofía moral, para leer como el único hombre que tiene opiniones decididas y las defiende de una manera clara».

En Cambridge, el título más prestigioso se obtenía a través de un competitivo examen denominado *Mathematical Tripos*: el alumno que obtenía los mejores resultados era denominado *senior wrangler*, el siguiente *second wrangler* y así sucesivamente. La mayoría de los principales físicos británicos que trabajaron entre, aproximadamente, 1820 y 1900 estudiaron en Cambridge y se examinaron del *Mathematical Tripos*. A pesar de su gran capacidad en matemáticas y física, Maxwell, que se examinó en 1854, no fue *senior wrangler*, sino *second*, detrás de Edward Routh, un científico notable pero cuya obra en modo alguno se acercó a la suya.

Un año después de pasar el *Tripos*, Maxwell fue nombrado *fellow* de su *college*, Trinity. Aquello significaba la seguridad de poder continuar en Cambridge, con muy pocas obligaciones, dedicándose a investigar en lo que desease. Sin embargo, no utilizó mucho tiempo tal privilegio, ya que en 1856 pasó a ocupar la cátedra de Filosofía Natural del Marischal College de Aberdeen, en donde permaneció cuatro años. Fue entonces cuando contrajo matrimonio con Katherine Mary Dewar, hija del *principal* del *college*. Katherine tenía siete años más que Maxwell y parece que su salud fue delicada, aunque sobrevivió a su esposo: falleció en 1886. No tuvieron hijos.

Electromagnetismo

En 1860 Maxwell tuvo que abandonar su cátedra de Aberdeen, debido a lo que ahora denominaríamos un «reajuste de plantilla», consecuencia de la unión del Marischal College con el King's College, la otra institución universitaria de Aberdeen. Pero enseguida obtuvo una cátedra del King's College de Londres, en donde permaneció hasta 1865, un período que resultó muy provechoso para sus investigaciones sobre los fenómenos eléctricos y magnéticos.

Una cuestión importante es cuándo comenzó a dedicarse al estudio de los fenómenos eléctricos y magnéticos, más aún habida cuenta de que ni en Edimburgo ni en Cambridge había estudiado formalmente electricidad y magnetismo. Una carta que escribió el 13 de noviembre de 1854 al muy distinguido William Thomson, del que también hablaré en otros capítulos, ayuda a responder a tal pregunta:

> Querido Thomson:
>
> He sabido muy poco de ti desde hace tiempo, excepto a través de Hopkins y Stokes, pero supongo que estás trabajando en Glasgow como siempre. ¿Recuerdas una larga carta que me escribiste sobre electricidad, que he olvidado si te agradecí? Pronto me introduje en el tema, pensando al mismo tiempo en todas sus vertientes, y he sido recompensado últimamente encontrando que toda la masa de confusión está comenzando a despejarse bajo la influencia de unas pocas simples ideas. […]
>
> Obtuve los principios fundamentales de la electricidad de tensión bastante fácilmente. Me ayudó mucho la analogía de la conducción del calor, que creo es invención tuya, al menos no la he encontrado en ninguna otra parte. A continuación intenté obtener una teoría de atracciones de corrientes, pero, aunque pude ver cómo se podrían determinar los efectos, no quedé satisfecho con la forma de la teoría que trata de las corrientes elementales y de sus acciones recíprocas, y no vi cómo se puede formar a partir de ella una teoría general. Leí este trimestre las investigaciones de Ampère [*Théorie des phénomènes électro-dynamiques, uniquement déduite de l'éxperience*, 1826] y las admiré mucho, pero pensé que [las obtuvo después de que] se hubiese

convencido a sí mismo, [para] favorecer sus puntos de vista acerca de la indagación filosófica, y como un ejemplo de lo que debería ser […]. Ahora te he oído hablar de «líneas magnéticas de fuerza» y parece que Faraday hace gran uso de ellas, pero otros parecen preferir la noción de atracciones directas [esto es, acciones a distancia] de elementos de corrientes.

Maxwell se refería a un trabajo que William Thomson publicó en 1842, en el que había demostrado que las ecuaciones que describen el flujo uniforme de calor en un medio homogéneo son formalmente idénticas a una versión de las ecuaciones que representan leyes de atracción que varían con el inverso del cuadrado de la distancia, como ocurre en la ley newtoniana de la gravitación universal. Semejante procedimiento no era, en última instancia, sino una forma de demostrar la equivalencia entre una acción a distancia y una acción continua (o, mejor, «contigua», correspondiente a la transmisión del calor en el medio homogéneo).

En una nueva carta que Maxwell dirigió a Thomson el 13 de septiembre de 1855 desde Glenair, vemos que continuaba elaborando sus ideas, sin haber enviado a la imprenta ningún trabajo:

He obtenido mucho de ti en temas eléctricos, directamente al igual que a través de la imprenta y editor, y también he utilizado otras ayudas, y leído los tres volúmenes de investigaciones de Faraday [*Experimental Researches in Electricity*, 1839-1855]. Mi intención al hacer esto era, naturalmente, saber lo que se ha hecho en la ciencia eléctrica, matemática y experimental, e intentar comprender esto de una manera racional, ayudándome de cualquier noción que pudiese atornillar en mi cabeza. Buscando tales nociones, me he encontrado con algunas ya preparadas, de las que me he apropiado. Entre éstas se encuentran la teoría de la polaridad de Faraday, que adscribe esa propiedad a toda parte de una esfera de acción de los cuerpos magnéticos o eléctricos, también sus nociones generales sobre «líneas de fuerza».

No fue hasta 1856 cuando Maxwell comenzó a publicar artículos sobre las propiedades de los

fenómenos eléctricos y magnéticos y la relación entre ellos. Ya sólo el título de su primer artículo, «On Faraday's lines of force», revela la gran deuda que Maxwell tenía con Michael Faraday, más concretamente con la noción de líneas de fuerza que éste había introducido en 1831, cuando demostró que la variación magnética producía electricidad, el efecto opuesto al que Ørsted había encontrado en 1820. Y Faraday se dio cuenta del uso que Maxwell había hecho de su idea; así, en una carta datada el 25 de marzo de 1857, Faraday le agradecía el envío de «On Faraday's lines of force»:

> Mi querido Sr.:
>
> He recibido su artículo, y se lo agradezco mucho. No me atrevo a agradecerle por lo que dice sobre «Lines of Force», porque sé que lo ha hecho en el interés de la verdad filosófica; pero debe suponer que es un trabajo grato para mí, y que me anima mucho a seguir pensando. Al principio casi estaba asustado cuando vi tal fuerza matemática aplicada al tema, y entonces comencé a ver que todo sobrevivía bien.

El «susto» de Faraday tuvo que deberse a sus limitaciones matemáticas, una de las grandes diferencias que le separaba de Maxwell.

Por su parte, Maxwell escribía a Faraday, desde Aberdeen, el 9 de noviembre de 1857:

> A mi entender usted es la primera persona en quien la idea de cuerpos que actúan a distancia, poniendo en estado de constricción el medio circundante, ha surgido como un principio en el que se puede creer realmente. Se nos han propuesto flujos de ganchos y anillos volando alrededor de los imanes, e incluso dibujos que los representan acosados de este modo; pero nada resulta más claro que sus descripciones de todas las fuentes de fuerza manteniendo un estado de energía en todo su alrededor [...]. Parece que esté usted viendo las líneas de fuerza curvándose alrededor de los obstáculos, dirigiéndose rectas hacia los conductores o retorciéndose según ciertas direcciones en los cristales, y transportando consigo hacia todas partes la misma cantidad de poder atractivo, difundiéndose con mayor holgura o concentración según las líneas se ensanchen o compriman.

Finalmente, en una serie de artículos, titulados «On physical lines of force», que publicó entre 1861-1862, Maxwell llegó a su gran éxito, el que le ha asegurado la inmortalidad científica (aunque no hay que olvidar sus fundamentales contribuciones a la física estadística): el conjunto de ecuaciones que gobiernan el medio continuo (*campo electromagnético*) que transmite las fuerzas eléctrica y magnética, *fuerza electromagnética* en realidad. Un punto importante es que en esos artículos Maxwell utilizó un método que antes había intentado seguir William Thomson: construir modelos mecánicos del campo electromagnético. El modelo que le dio mejor resultado fue uno en el que el campo estaba compuesto por un conjunto de vórtices o torbellinos, entre los que se interponían capas de pequeños círculos, que representaban a la electricidad y que desempeñaban un papel parecido a rodillos de fricción entre los remolinos hidráulicos. En una carta que escribió a Thomson el 10 de diciembre de 1861 se refirió a estas estructuras:

> Supongo que el «medio magnético» está dividido en partes pequeñas o células, estando compuestas las divisiones o células-paredes de un solo estrato de partículas, siendo estas partículas «electricidad». Supongo que la sustancia de las células es altamente elástica, tanto con respecto a la compresión y distorsión, y que la conexión entre las células y las partículas en las paredes de las células es tal que la rodadura es perfecta, sin que se produzca deslizamiento entre ellas, y que actúan entre sí tangencialmente.

Y a continuación se extendía en detalles sobre cómo esa estructura producía los efectos electromagnéticos observados. Explicaba también a Thomson que había calculado la velocidad de las «ondulaciones transversales» del campo electromagnético y observado que era «muy próxima a

la velocidad de la luz»:

> Desarrollé las ecuaciones en el campo antes de tener sospecha alguna de la proximidad entre los dos valores de la velocidad de propagación de los efectos magnéticos y la de la luz, de forma que pienso que tengo motivo para creer que los medios magnético y luminífero son idénticos.

En estas últimas líneas aparece otro de los grandes e inesperados hallazgos de Maxwell, que comunicó en la serie de artículos «On physical lines of force» y con el que se unificaba la óptica con la electricidad y el magnetismo. Después de completar las primeras dos partes de su artículo, Maxwell había probado con la idea de dotar de elasticidad al modelo para intentar explicar los fenómenos electrostáticos, de manera que éstos se transmitieran mediante ondas (el campo electromagnético *se ondulaba*, era dinámico). Y al calcular la velocidad de esas ondas (a partir del cociente entre parámetros asociados a las fuerzas eléctricas y magnéticas) encontró el valor conocido para la velocidad de la luz. Más de siglo y medio después, todavía se puede apreciar la excitación que debió de sentir Maxwell cuando escribió: «Difícilmente podemos evitar la inferencia de que la luz consiste en ondulaciones transversales del mismo medio que es la causa de los fenómenos eléctricos y magnéticos». Fue la segunda gran unificación de la física, después de la que Isaac Newton introdujo en 1687 cuando demostró que la fuerza que hacía que los cuerpos cayesen en la Tierra y la responsable del movimiento de los cuerpos celestes era la misma: la gravitación universal.

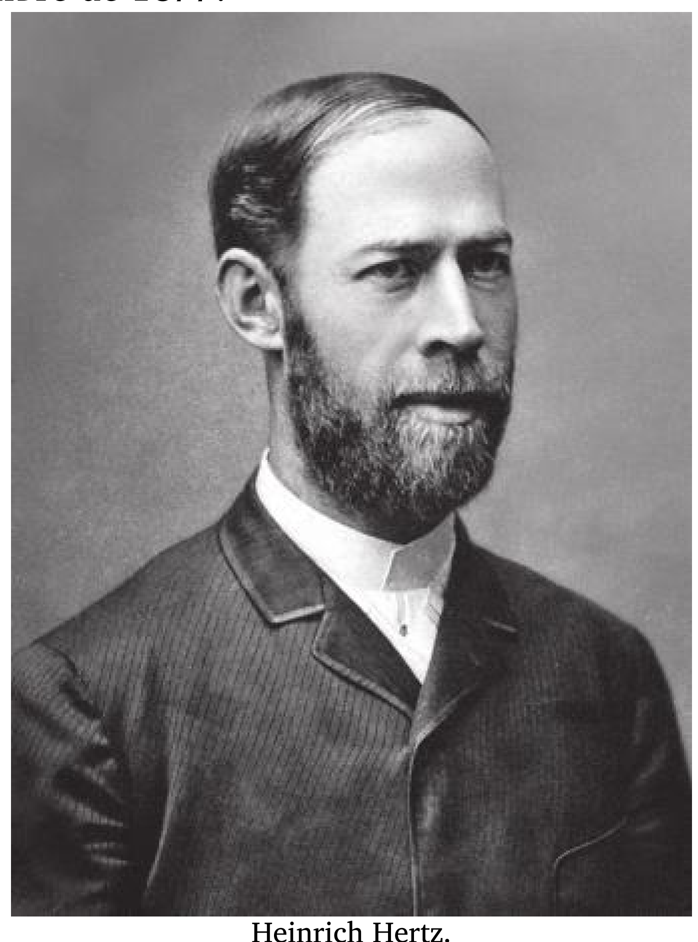
HEINRICH HERTZ: EL CAMINO HACIA LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS*

Si Isaac Newton fue afortunado porque logró lo que ya nadie podría en el futuro repetir —entender que lo que mantiene en sus órbitas a los planetas y lo que hace caer a los cuerpos hacia la superficie de la Tierra es la misma fuerza, y formular las ecuaciones básicas de la dinámica y de la teoría de la gravitación, aunque siglos después éstas se viesen mejoradas por Albert Einstein—, otro tanto se puede decir de James Clerk Maxwell, quien desarrolló el conjunto de ecuaciones que rigen el comportamiento de la interacción electromagnética y que hoy denominamos, en su honor, «ecuaciones de Maxwell». Con su teoría del campo electromagnético, o electrodinámica, Maxwell logró, insisto, unir en un mismo marco teórico electricidad, magnetismo y óptica: la luz como una onda electromagnética. Sin embargo, los resultados teóricos de Maxwell estaban en su tiempo por delante de los conocimientos experimentales y restaba por demostrar que, ciertamente, los efectos electromagnéticos se transmiten mediante ondas que se propagan con la velocidad de la luz. Semejante honor recayó en Heinrich Hertz (1857-1894).

Múnich: de la ingeniería a la ciencia

Tendemos a pensar que los grandes científicos, aquéllos que dejaron una huella imborrable, tenían claro desde el principio que a lo que querían dedicarse era a la ciencia, a hacerla avanzar mediante sus investigaciones. Pero no siempre ha sido así. Paul Dirac, por ejemplo, uno de los creadores de la mecánica cuántica a la que aportó contribuciones como la ecuación relativista del electrón, de la que

surgió la predicción de la existencia de la antimateria, estudió Ingeniería Eléctrica en Bristol, especialidad en la que se graduó en 1921. Y, aunque terminó abandonando la idea, en octubre de 1877 Heinrich Hertz llegó a Múnich para comenzar estudios de Ingeniería en la Escuela Politécnica. Sin embargo, no tardó mucho en darse cuenta de que no quería ser ingeniero, sino científico. Explicó por qué tomaba esta decisión en una carta que envió a sus padres el 1 de noviembre de 1877:



Heinrich Hertz.
© *Tallandier/Bridgeman Images/Album*

> Puede que os sorprenda que esta carta siga tan rápidamente a la anterior; no pretendía escribir tan pronto, pero esta vez se trata de un importante asunto que no permite un largo retraso. Para mí constituye una vergonzosa confesión, pero debo hacerla. Querría

> cambiar de caballos ahora, en el último momento, y dedicarme a las ciencias de la naturaleza. En este semestre llego a un cruce de caminos en donde debo, bien dedicarme a ellas completamente, o dejarlas y abandonar toda la pérdida superflua de tiempo con ellas, si no quiero descuidar mis propios estudios y llegar a ser un ingeniero mediocre [...]. No puedo comprender por qué no me di cuenta antes, ya que incluso cuando vine aquí era con la mejor intención de estudiar matemáticas y ciencias de la naturaleza, y sin pensar en absoluto en agrimensura, construcción de edificios, materiales de construcción, etc., que se suponía debían ser mis temas principales. También es una pena que la idea no se me ocurriese mientras estaba en casa, porque entonces podríamos haber hablado de ella y hacer planes mejores que ahora; pero ¿para qué sirve pensar en esto? No, ahora no sirve de ayuda. También me he repetido a mí mismo algo que había pensado antes a menudo, que mejor ser un científico importante que un ingeniero importante, aunque sea preferible ser un ingeniero no importante que un científico no importante; y ahora que estoy en el borde, creo que lo que dijo Schiller es verdad: «Si no te atreves a arriesgar tu vida, nunca puedes esperar ganar la batalla», y que demasiada precaución sería una locura. No se me escapa el hecho de que convertirme en ingeniero me daría antes una seguridad, y lamento que probablemente tendré que depender de vuestra ayuda, querido papá, mucho más tiempo que si siguiera el otro camino; pero todo se ve superado por una cosa, que siento que puedo dedicarme completamente y con entusiasmo a las ciencias de la naturaleza y que éstas me harán sentirme realizado, mientras que me doy cuenta ahora de que las que son denominadas ciencias de la ingeniería no son suficientes para mí y que constantemente estoy buscando ocupaciones adicionales.

Además de seguir los cursos habituales en una carrera de física y matemáticas, Hertz se preocupó de estudiar a «los clásicos». En una carta a su familia, fechada el 4 de febrero de 1878, explicaba:

> Recientemente, he estado con frecuencia en la sala de lectura, hojeando los volúmenes del *Acta eruditorum* de Leipzig de 1682, en la que hay una cantidad extraordinaria de materiales interesantes, especialmente artículos de Leibniz; por ejemplo, los primeros estudios sobre el cálculo diferencial que contienen la propia invención.

Y unos días después, el 15 de febrero, insistía en estos intereses:

Recientemente he terminado los cuatro gruesos volúmenes en cuarto de [Jean-Étienne] Montucla [se refiere a la *Histoire des mathematiques* (1758; segunda edición aumentada, 1799-1802)], e incluso me he dedicado, sobre todo, a las dos primeras partes, que contienen la historia de las matemáticas hasta comienzos del siglo XVIII […]. En el resto del semestre planeo ocuparme principalmente de la *Mécanique céleste*, de Laplace, además de otros libros más breves. A pesar de la dificultad del tema, esta obra no es particularmente difícil de comprender debido a la devoción de Laplace hacia una gran claridad de expresión; ciertamente es bastante diferente de lo que había esperado, ya que únicamente contiene cálculos desde el principio hasta el final.

Estudiante en Berlín

En octubre de 1878, Hertz dejó Múnich para continuar sus estudios en Berlín, siguiendo la posibilidad que permitía el sistema universitario germano. El 31 de octubre informaba a su familia de su llegada a la capital prusiana:

Mi curso, esto es, el que da [Gustav] Kirchhoff, comienza el lunes; otro no empezará hasta el siguiente miércoles. Además, después de todo, me he apuntado al laboratorio; como uno de los premios de este año recae más o menos en mi campo, intentaré abordarlo. Ésta no era mi intención inicialmente, porque el curso de mineralogía que quería seguir entraba en conflicto con él, pero he decidido dejar éste para el próximo semestre. Ya he hablado sobre esto con el Prof. [Hermann von] Helmholtz, quien amablemente me ha proporcionado alguna información sobre la literatura; creo que también encontraré en el laboratorio lo que necesite.

Hertz lo hizo tan bien en Berlín que el 8 de agosto de 1880 recibía la siguiente carta de Helmholtz:

El 1 de octubre uno de los puestos de ayudante de mi Instituto de Física queda vacante y, consiguientemente, me tomo la libertad de preguntarle si estaría inclinado a asumir el puesto que el Dr. Kayser ha ocupado hasta ahora. Los deberes consisten principalmente en encargarse de la preparación de mis clases, posiblemente también en ayudarme con mis propios experimentos, además de ocuparse de la biblioteca; y si surgiese el caso, sustituir a otros ayudantes. El nombramiento se renueva cada dos años, la remuneración llega a los 1.110 marcos anuales en metálico y alojamiento gratuito, lo mismo que calefacción, gas y agua. El puesto en cuestión dejaba al Dr. Kayser mucho tiempo libre, pero naturalmente usted no estaría tan libre como si no

tuviera un puesto.

Hertz aceptó. ¿Cómo no aprovechar la oportunidad de trabajar con el gran Helmholtz, el científico posiblemente más respetado de Alemania, el hombre que ya había transitado con distinción por los campos de la fisiología, la matemática y la física?

En Kiel y Karlsruhe

Bajo la tutela de Helmholtz, Hertz continuó floreciendo científicamente en Berlín, tanto que en 1883 recibió la oferta de comenzar su carrera docente en Kiel como *privatdozent* (puesto universitario que permitía ofrecer cursos por los que recibía una retribución en función de los alumnos que se matriculasen; la universidad no le retribuía). Así lo explicaba a su padre el 1 de marzo de 1883:

> Querido papá:
>
> Te estoy escribiendo un poco antes de lo habitual para pedirte tu consejo en el siguiente asunto. Sabes lo incómodo que me siento por tener que prepararme aquí para la *Habilitation* [trabajo posterior a la tesis doctoral, que facultaba para poder enseñar en la universidad], donde ya hay muchos *Privatdozenten*, y cuánto deseo un cambio general. El *Geheimrat* [título honorífico muy prestigioso] Kirchhoff vino a verme hace dos días, después de su clase, y me dijo que se requiere de un *Privatdozent* para física matemática en Kiel [...]. El ministro le ha preguntado a él, y en particular al Prof. [Karl] Weierstrass, si es posible encontrar una persona adecuada, y han pensado en mí.

Después de algunas negociaciones, Hertz aceptó presentar su habilitación en Kiel, en donde permaneció hasta 1885. Esperaba ser promovido a *professor* (catedrático) en Kiel, pero surgió una oferta de Karlsruhe. El 30 de noviembre de 1884 daba a sus padres las primeras noticias de esa posibilidad:

> Estaba equivocado respecto a la pregunta del Prof. [Albert] Ladenburg, ya que pensé que se había creado una cátedra aquí; de hecho, era un colega de Karlsruhe quien le había pedido información, y que habían puesto la vista en mí. No sé para qué. De nuevo estoy insatisfecho, porque preferiría tener una

> seguridad a dos posibilidades, y veo el futuro con cristales que son tan oscuros que subjetivamente estoy convencido de que ninguna de éstas, ni de otras posibilidades, se cumplirán, y me torturo con estos espectros y monstruos de mi imaginación.

A pesar de sus temores, la oferta de Karlsruhe se concretó. Le llegó el 20 de diciembre y la aceptó. Y en Karlsruhe, a donde se incorporó en marzo de 1885, llegaría su mayor éxito científico: la demostración de que existen las ondas electromagnéticas predichas por Maxwell.

Las ondas electromagnéticas existen

En Karlsruhe, Hertz abordó un tema que, como señalaba en una carta que dirigió a Helmholtz el 5 de noviembre de 1887, éste le había «urgido investigar hace algunos años y que he tenido en mente desde entonces, pero que hasta ahora no he encontrado forma de estudiarlo con algún tipo de éxito inequívoco». En la carta que envió el 23 de diciembre de 1887 a sus padres, daba algunos detalles de sus esfuerzos:

> Para mi gran satisfacción, las vacaciones están aquí y en los dos primeros días, miércoles y jueves, he seguido trabajando vigorosamente. De nuevo tengo mucho material para un artículo, y me gustaría mucho terminarlo. Pero en las últimas cinco semanas no he avanzado. Como necesito varias horas de preparación para mis experimentos, y como sólo los puedo llevar a cabo en la habitación más grande, en el auditorio, no puedo hacer nada mientras se están dando clases. A veces he intentado hacerlos en los sábados libres, pero para cuando tenía todo ya preparado se había ido el día, y los aparatos que había preparado con tanta dificultad tenían que ser desmontados de nuevo. La cuestión que me ha estado ocupando se refiere a la velocidad de propagación de los efectos eléctricos en el aire. De acuerdo con una importante y bella teoría [la de Maxwell], estos efectos se propagan con una velocidad finita, que es la velocidad de la luz; y yo no he dudado nunca de que esta visión sea correcta. Ahora ya puedo medir incluso una velocidad tan grande. Esto difícilmente me habría sido posible con anterioridad. Una vez, hace veinte años, Helmholtz intentó estos experimentos y estableció con gran dificultad que la velocidad de propagación era mayor que 42

> millas por segundo. ¡Pero aquí estamos tratando con 42.000 millas! Pero ¿cuál es el inesperado y para mí desagradable resultado de mis experimentos? La velocidad no es la de la luz, sino ciertamente mucho mayor, acaso infinitamente grande, y en todo caso no medible. Incluso si fuese tres veces mayor, todavía podría ser medida, pero todo tiene sus límites. Y no se puede argumentar con la naturaleza, debe ser como es, pero ciertamente me habría gustado más obtener un resultado claro, positivo y no éste negativo. Y las «teorías eléctricas más prometedoras», sobre las que escribí mi último artículo, de repente, ya no parecen prometedoras. Ciertamente hay que ser cauteloso, pero de nuevo los experimentos me parecen demasiado claros.

Pero la tarde del mismo día que escribía la carta anterior comprobó que se había equivocado y que todo funcionaba como había esperado. En su diario anotó:

> 23 de diciembre de 1887. Experimentos. Obtenida por la tarde una indicación de la velocidad finita de la propagación del efecto de inducción.
>
> 26 de diciembre. Experimentos por la tarde y obtención de confirmación de resultados.
>
> 28 de diciembre. Experimentado y observado el efecto de las ondas electromagnéticas hasta 14 metros.
>
> 29 de diciembre. Experimentos. Efecto de sombra en hojas metálicas, reflexión de la pared, *etc.*
>
> 30 de diciembre. Seguido el efecto a través del auditorio.
>
> 31 de diciembre. Cansado de experimentar. Noche en la casa de mis suegros. Recordado el pasado año con placer.

No es sorprendente que los resultados que acababa de obtener le permitieran mirar al pasado con alegría. Había hecho historia y en el futuro, en su honor, se hablaría de «ondas hertzianas». El 26 de diciembre volvía a escribir a sus padres: «La noche anterior a la Nochebuena, recibí un gran regalo en mi trabajo, al menos es lo que parece; la naturaleza parece estar algo más amablemente dispuesta hacia mí de lo que parecía antes».

Los experimentos que realizó Hertz contenían una gran dificultad. Simplificando mucho, lo que había hecho es separar un aparato (el transmisor) que

producía el «efecto electromagnético» de un receptor (provisto de un espejo reflector formado por una hoja de cinc) tanto como lo permitía la mayor sala de que disponía —el auditorio de su Instituto, 14 metros— y comprobar que el efecto electromagnético se propagaba con la misma velocidad que la luz, y que el efecto eran realmente ondas.

Orgulloso, el 29 de enero de 1888 Hertz escribía a sus padres: «Helmholtz ha confirmado ahora que ha recibido mi manuscrito y añade: "Le felicito de todo corazón por este éxito"».

En un libro que recogía cuatro conferencias que Arthur Schuster, catedrático de Física en la Universidad de Mánchester, había pronunciado en Calcuta en marzo de 1908 (*The Progress of Physics during 33 years, 1875-1908*, 1911), éste se refería al logro de Hertz en los siguientes términos:

> Gracias al trabajo de Hertz se estableció finalmente que los efectos electromagnéticos, el calor radiante y la luz se transmiten todos a través del mismo medio mediante perturbaciones que son idénticas en todos los aspectos, y que únicamente requieren de diferentes tipos de receptores para que se manifiesten a nuestros sentidos.

Con el resultado que obtuvo, Hertz abrió una puerta que él no pretendió explorar: la de las aplicaciones tecnológicas de las ondas electromagnéticas (transmisionescomunicaciones a larga distancia, como la radio), que pocos años después de su muerte desarrollaron sobre todo Guglielmo Marconi y Ferdinand Braun.

Como consecuencia de su logro, Hertz cambió Karlsruhe por la más prestigiosa Universidad de Bonn en 1889. No pudo, sin embargo, disfrutar mucho allí. En 1892 tuvo que ser operado varias veces debido a una infección que se le manifestó después de varios

ataques de migrañas. Vislumbrando su final, el 9 de diciembre de 1893 escribía a sus padres:

> Si realmente me ocurriese algo, no debéis estar de duelo; más bien debéis estar algo orgullosos y considerar que estoy entre los elegidos especiales destinados a vivir poco, pero lo suficiente. No deseaba ni escogí este destino, pero como me ha acontecido debo estar contento; y si se me hubiera dado a elegir, acaso lo habría escogido yo mismo.

El 1 de enero de 1894 fallecía de septicemia. Tenía treinta y seis años, pero dejó una huella imborrable en la ciencia; no en vano su gran éxito —la comprobación de la predicción teórica que había realizado Maxwell— cambió esa parcela del mundo, esencial para la sociedad humana: las comunicaciones. Hoy, cuando la capacidad de información y comunicación casi no conoce límites, puede que olvidemos que, hace poco menos de siglo y medio, en modo alguno era así. La hermandad entre teoría y experimento, ejemplificada en este caso por Maxwell y Hertz, cambiaron ese mundo. Para siempre.

25 C
IENTÍFICOS Y ESPIRITISMO EN LA INGLATERRA VICTORIANA*

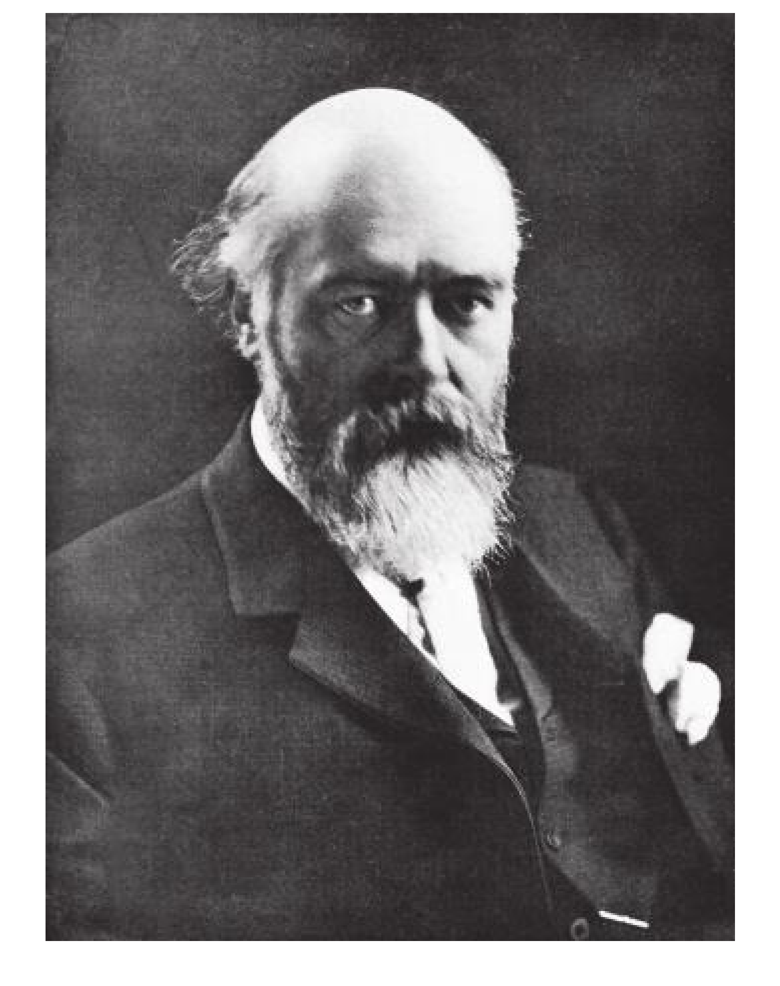
Antes de continuar con la secuencia temporal y de asuntos científicos, más o menos razonable, y como algunos de los protagonistas de capítulos anteriores (Maxwell, Kelvin, Stokes, Darwin, Wallace) fueron británicos que vivieron durante el régimen victoriano, quiero detenerme en un asunto que tuvo no poca importancia en el Reino Unido: el espiritismo y el papel que algunos científicos desempeñaron en él.

El espiritismo, la creencia en que personas ya fallecidas, su «espíritu», existe en algún plano con una «materialidad» diferente a la que experimentamos de forma directa, pero con las cuales es posible comunicarse, parece poco acorde con el espíritu científico; sin embargo, si se piensa fríamente, se puede comprender que en algún momento en la historia de la ciencia se haya considerado esta posibilidad y emprendido experimentos para comprobar si era cierta o no. Ya apunté algo de este tema en la «Introducción».

El inicio del que se considera «espiritismo moderno» se suele situar en marzo de 1848, cuando dos jóvenes hermanas, Margaret y Kate Fox, manifestaron que estaban recibiendo mensajes inteligentes en forma de golpecitos que se producían en su casa en Hydesville, en el estado de Nueva York. Antes de dos años, y junto a otra hermana, estaban haciendo demostraciones públicas, sumándose de esa manera a una vieja tradición protagonizada por exhibiciones de mesmerismo —o «magnetismo

animal»— que con frecuencia había involucrado clarividencia y visión extrasensorial.

El nuevo espiritismo no tardó en encontrar adeptos en Inglaterra. Entre los científicos se cuentan profesionales tan distinguidos como los físicos William Crookes, Oliver Lodge y lord Rayleigh, Alfred Russel Wallace y el matemático Augustus De Morgan. Me centraré sobre todo en Oliver Lodge (1851-1940), uno de los más conspicuos defensores de la existencia de ese mundo, que tal vez sería más adecuado denominar «ultramundo». Después de licenciarse (1875) y doctorarse (1877) en el University College de Londres, Lodge desarrolló una notable carrera académica y científica que le llevó a figurar entre la élite de los físicos británicos. Fue *professor* (catedrático) de Física y Matemáticas en el University College de Liverpool desde 1881, puesto que abandonó en 1900 por otro en la Universidad de Birmingham, donde como primer *principal* desempeñó funciones tanto de enseñanza como de administración, y donde permaneció el resto de su carrera hasta su jubilación en 1919. (En 1898, la Royal Society le otorgó la prestigiosa Medalla Rumford y, en 1902, fue ennoblecido con el título de sir.) El universo científico de Lodge se centró en el electromagnetismo, campo en el que fue un firme seguidor de la obra de James Clerk Maxwell. Fue lo que se ha denominado un *maxwelliano*. Y a punto estuvo de conseguir, antes que él, lo que Heinrich Hertz logró en 1888: demostrar la existencia de la radiación (ondas) electromagnética.



Oliver Lodge.

En su autobiografía, Lodge explicaba que inicialmente no creyó en los fenómenos paranormales, ocupado como estaba con sus investigaciones y obligaciones docentes, y añadía:

> Pero los exploradores en investigación psíquica estaban firmemente resueltos en sus convicciones de que existían realmente facultades humanas oscuras que no debían ser ignoradas. Éstos se aseguraron la cooperación de Henry Sidgwick [filósofo y economista inglés], a quien nadie podía acusar de tener una imaginación no controlada, e iniciaron una sociedad

para el estudio de esas facultades y, en general, para la investigación psíquica, a la que denominaron Society for Psychical Research [Sociedad para la Investigación Psíquica]. Esta Sociedad nació en 1882.

Lodge no se unió entonces a la nueva sociedad —no sólo se ocupaba de investigar la posible conexión con personas ya fallecidas, sino también del mundo de la telepatía—, aunque terminó formando parte de ella e incluso llegó a ser su presidente entre 1901 y 1903. El primer presidente fue Henry Sidgwick, al que siguieron otros científicos tan respetados como Balfour Stewart, William James, Alfred Russel Wallace, William Crookes o John William Strutt (tercer barón Rayleigh, más conocido como lord Rayleigh, Premio Nobel de Física en 1904 por sus investigaciones sobre gases y, en particular, el descubrimiento del argón). Esto da una medida de la influencia que tuvo esta sociedad.

En el caso de Lodge, tuvo también lugar un hecho de índole personal que debió aumentar su fe en la «vida» después de la muerte: el fallecimiento de su hijo Raymond el 14 de septiembre de 1915 en la Primera Guerra Mundial, durante una de las batallas, cerca de Ypres. Tras visitar a varios médiums, Lodge llegó a la conclusión de que Raymond se había comunicado con algunos de ellos. En una de las cartas que envió a J. Arthur Hill, un confidente y colaborador suyo en el campo de la investigación psíquica, Lodge le confesaba en febrero de 1916 que «es bastante difícil saber de entrada cómo referirme públicamente a la cuestión de la supervivencia de mi hijo. Uno se siente poco inclinado a hacerlo, pero evidentemente se tiene que hacer de alguna manera». Y así, ese mismo año de 1916 escribió un libro

titulado *Raymond or Life and Death* (*Raymond o la vida y la muerte*), en el que trataba de la vida, muerte y supervivencia del espíritu de su hijo. Publicado el 2 de noviembre de 1916, el libro fue reeditado seis veces antes de que terminara el año y otras seis veces antes de 1919.

Aunque hoy podemos contemplar con ojos muy críticos aquellos intereses, es preciso reconocer que la gran mayoría de los científicos que se involucraron en ese tipo de investigaciones se esforzaron por realizarlas con el mayor rigor, aunque no siempre lo lograron, víctimas de todo tipo de fraudes de farsantes. Una de las dificultades que reconocían poder encontrar era la de la posible utilización, por parte de supuestos médiums, de la telepatía, de cuya existencia estaban convencidos. En otro de sus libros, *My Philosophy* (1933), al que volveré en el capítulo 55, el propio Lodge explicaba tal dificultad:

> Esta circunstancia, el descubrimiento de que la telepatía o lectura de la mente puede tener lugar entre dos individuos vivos —aunque descubierta en el curso de nuestras investigaciones y todavía no admitida universalmente por todos los estudiosos de ciencia— se ha convertido en un curioso obstáculo o pesadilla para aquellos que desean establecer la supervivencia individual. Comunicaciones que pretenden proceder de personas fallecidas son, como se sabe ahora, extremadamente numerosas; pero la mayor parte de estas comunicaciones no son en sí mismas completamente aceptables para el científico crítico, ni para personas extrañas a ellas, aunque a menudo sean especialmente características de la persona que supuestamente las envía, y con frecuencia muy gratificantes para familiares y amigos íntimos. Se ha acumulado una gran masa de evidencia de esta clase, y mucha de ella de un tipo sólo superficialmente concluyente. Mensajes afectivos y familiares que dan nombres y otros detalles sobre la familia son muy comunes, y naturalmente se considera que representan lo que se esperaría de la persona en cuestión. Muestran diferentes signos de personalidad sobreviviente, de

> memoria y afecto; pero sobre todo refieren a asuntos bien conocidos para quien recibe la comunicación, y por consiguiente están abiertos a la acusación de lectura de la mente, esto es, a la hipótesis de que la información que contienen, aunque completamente desconocida para el médium empleado, es posible suponer que se extrae de la mente del receptor mediante algún proceso inconsciente ejercitado por el médium. De ser así, aunque inicialmente bienvenidos por la naturalidad de la conversación mantenida a través del médium con la persona fallecida, el familiar o receptor, que es consciente del descubrimiento de la telepatía, se ve a continuación afectado por dudas sobre si los mensajes procedían realmente de la persona ostensiblemente representada como enviándolos.

Sin embargo, Lodge pensaba que esta dificultad no era tan insalvable:

> Yo creo que la hipótesis de un amplio poder de la telepatía se ha exagerado mucho y que la mayor parte de las comunicaciones indicativas de la memoria superviviente y del afecto natural del comunicante, cuando provienen de un buen médium, son realmente lo que pretenden ser.

De la correspondencia de creyentes en la existencia de estas comunicaciones paranormales, he seleccionado tres cartas: la primera, de Alfred Russel Wallace, el codescubridor de la teoría de la evolución de las especies, como hemos visto; la segunda, del químico y físico William Crookes (1832-1919), inventor del tubo de rayos catódicos y descubridor de un nuevo elemento químico, el talio, y la tercera, de lord Rayleigh (1842-1919).



William Crookes, *Vanity Fair* (1915).
© *NLM/Science Source/Album*

La primera carta, del 8 de mayo de 1868, la escribió Wallace al notable físico John Tyndall (1820-1893), crítico del espiritismo, y que el primero reprodujo en su autobiografía, *My Life* (1905):

> Durante los últimos dos años he sido testigo de una gran variedad de fenómenos, bajo condiciones tan diversas que cada objeción que surgía se veía respondida por otros fenómenos. Cuanto más investigo, y más veo, más imposible se hace la teoría de la impostura o el engaño. Yo *sé* que los hechos son fenómenos

naturales reales, al igual que conozco otros curiosos hechos de la naturaleza.

Permítame contarle *una* de entre el número de cosas igualmente notables de las que he sido testigo, y ésta, aunque ciertamente sucedió en la oscuridad, es difícilmente explicable sólo como si fuera un truco.

El *lugar* fue la sala de estar de un amigo mío, hermano de uno de nuestros mejores artistas. Los *testigos*, él mismo y la familia de su hermano, uno o dos de sus amigos, yo mismo y Mr. John Smith, banquero, de Malton, Yorkshire, a quien yo invité. El médium era Miss Nicoll. Nos sentamos alrededor de una mesa sostenida con una pieza central, en medio de la sala, exactamente bajo una araña de cristal. Miss Nicoll se sentó opuesta a mí, y mi amigo, Mr. Smith, se sentó al lado de ella. Unimos las manos con nuestros vecinos, y las manos de Miss Nicoll fueron cogidas por Mr. Smith, desconocido para todos salvo para mí, y que nunca antes se había encontrado con Miss N. Cuando estuvimos confortablemente dispuestos de esta forma, apagaron las luces, sosteniendo uno del grupo una caja de cerillas dispuesto a proporcionar luz cuando se le pidiese.

Después de unos pocos minutos de conversación, durante un período de silencio, oí los siguientes sonidos en rápida sucesión: un ligero *crujido*, como el del vestido de una señora; un pequeño *golpe*, del tipo del que se hace cuando se pone un vaso de vino en la mesa, y un muy ligero tintineo de las gotas de cristal de la araña. Un instante después, Mr. Smith dijo: «Miss Nicoll se ha ido». El que tenía la caja de cerillas encendió una y en la mesa (que no tenía mantel) estaba Miss Nicoll *sentada en su silla*, su cabeza casi tocando la araña de cristal.

Yo había sido testigo de fenómenos similares. Y fui capaz de observar fríamente; y los hechos fueron anotados pocos después. Mr. Smith me aseguró que Miss Nicoll simplemente se deslizó de su mano. Nadie más se movió o dejó las manos de sus vecinos. No se produjo ningún ruido más que el que he descrito, ni ningún movimiento o temblor de la mesa, aunque nuestras manos estaban sobre ella.

Usted conoce el tamaño y probable peso de Miss N., y puede juzgar la fuerza y esfuerzo que se requeriría para subir a ella y a su silla al centro exacto de una amplia mesa, así como el gran exceso de fuerza que se necesitaría para hacerlo instantáneamente y sin ruido, en la oscuridad, y sin presión en el lado de la mesa que se había movido. ¿Podrá dar cuenta de esto alguna de las leyes conocidas de la naturaleza?

La carta de William Crookes que quiero citar es la que dirigió al astrónomo William Huggins (1824-1910) el 12 de abril de 1871:

> Anoche tuvimos la reunión más interesante y satisfactoria a la que nunca asistí, y hubiera dado cualquier cosa para que usted y el Dr. [William Miller] Ord [un médico inglés] hubiesen estado allí. Por la tarde vino el famoso D. D. [Daniel Dunglas] Home [un médium escocés]. Se quedó a cenar y luego le llevé a Russell Square, sabiendo que sería muy bienvenido.
>
> Usted sabe que está universalmente aceptado entre los espiritistas que los fenómenos son mejores en la oscuridad que con luz, pero Home siempre rechaza sentarse en la oscuridad, porque dice que no satisface tanto a los presentes. En esta ocasión, sin embargo, le animamos a unirse a nuestra sesión de espiritismo en la oscuridad, en tanto que los fenómenos con [Frank] Herne [un médium] y [Charles] Williams [otro médium, que desarrolló sesiones espiritistas junto a Herne en Londres] no son tan fuertes con luz. Nos distribuimos alrededor de la mesa de manera que cada médium estuviera cogido de la mano de una persona de confianza, y la regla de que hay que tomarse de la mano durante el tiempo de oscuridad se aplicó *muy rígidamente*. Esto se llevó de forma tan estricta que cuando alguno de nosotros quería usar su pañuelo o coger su silla, se encendía una luz. Al principio tuvimos manifestaciones muy toscas, sillas caídas, la mesa elevándose del suelo alrededor de unas 6 pulgadas y luego estrellándose contra el suelo, ruidos chillones y desagradables sonando muy fuertes en nuestros oídos y, en resumidas cuentas, fenómenos de tipo bajo. Después de un rato se nos sugirió que deberíamos cantar y, como era la única cosa que conocía todo el grupo, empezamos a cantar «porque es un chico excelente». Las sillas, la mesa y las cosas que había sobre ella mantuvieron una especie de acompañamiento tipo yunque. Después de esto, D. D. Home nos ofreció un solo —más bien una pieza sagrada— y, poco antes de que se hubiese proferido una docena de palabras, Mr. Herne se elevó, flotó a través de la mesa y se cayó al otro lado de la habitación con un estruendo de cuadros y adornos. Mi hermano Walter [comerciante de vinos], que estaba dándole una mano, le sujetó todo lo que pudo, pero dice que Herne fue arrancado de su mano cuando se fue sobre la mesa. La señora W. Crookes [apellidada Ellen antes de casarse con Humphrey], que estaba al

otro lado de la esquina, le sujetó todo el tiempo.

Esto se repitió una segunda vez, con Home cantando de nuevo. Esta vez ambos médiums se elevaron y se colocaron sobre la mesa. Las manos cogidas durante todo el tiempo.

Esto parece alterar por completo el carácter de las manifestaciones. El canto de Home pareció barrer las influencias de clase baja e instituir las buenas propias suyas. Después de uno o dos minutos sugerí que deberíamos cantar de nuevo, y propuse la canción que habíamos cantado en primer lugar: «porque es un chico excelente». Inmediatamente una voz muy dulce, muy por encima de nuestras cabezas, bastante fuera del alcance de cualquiera de nosotros, aunque hubiese estado de pie, y tan clara como una campana, dijo «ustedes más bien deberían alabar a Dios». Después de esto no teníamos el ánimo como para canciones cómicas. Probamos con algo sagrado, y mientras cantábamos escuchamos que se unían otras voces sobre nuestras cabezas.

Entonces el acordeón se elevó desde la mesa (todos nos estábamos dando la mano) y flotó a través de la habitación, en ocasiones alejándose bastante del círculo y luego volviendo pausadamente sobre alguna de nuestras cabezas y permaneciendo suspendido a una o dos pulgadas de nuestras caras, y siempre tocando alguna de las más exquisitas piezas sagradas que yo he oído, y estando acompañado de una muy delicada voz masculina. La rapidez de movimiento de este instrumento era de lo más asombroso. Realmente parecía estar en dos sitios a la vez. Vino y tocó en mi mano. No tuve tiempo de pronunciar las palabras «está sobre mi mano», cuando otra persona al otro lado de la mesa, a 9 pies de distancia, voceó la misma cosa. Esto sucedió con frecuencia, y como estaba todo el tiempo tocando podíamos decir cuán rápido se movía por la dirección del sonido.

Entonces aparecieron unas voces que se dirigieron a nosotros. No rudas ni horribles como las que trajo Herne, sino muy dulces, susurrando muy cerca de nuestros oídos de manera que excluían la posibilidad de que los médiums nos engañasen. Una en especial se mantuvo suspendida sobre algunos de la compañía alejados de los médiums, y susurró muy cerca del oído de mi esposa y luego fue sobre su cabeza hacia el otro oído, todavía hablando. A mí me sucedió dos veces lo mismo. Luego la pequeña campanilla de mano se elevó y alcanzó unas 18 pulgadas por encima de la mesa. Tres personas dijeron que la vieron moverse por encima de una nube luminosa, y Home dijo que él vio una mano que la sujetaba. Después aparecieron luces moviéndose con gran rapidez y dejando una estela durante una fracción de segundo. Las vi con claridad, como todos, pero en muchas ocasiones, cuando las luces

aparecían sobre la cabeza de las personas, sólo la mitad de la compañía las veía. Mis ojos estuvieron entre los menos sensibles a esas luces, pero lo que yo vi era inequívoco.

En conjunto contamos como unas siete voces diferentes.

Al avanzar la noche la potencia aumentó, y unas manos aparecieron entre nosotros. Al sargento Cox le quitaron un libro de su bolsillo, y mientras se lo estaban quitando liberó una de sus manos (uniendo las manos de los que estaban a cada lado suyo y estrechando las dos con su otra mano, a fin de no dejar a nadie con una mano libre) y cogió los dedos mientras le estaban quitando su libro. Solo era *una mano*, sin brazo ni cuerpo unidos a ella, y evitó su agarre y se llevó el libro directamente a través de la mesa, donde fue depositado suavemente sobre la mano de mi mujer. Luego llegaron manos a casi todos nosotros, las caras fueron golpeadas y tamborilearon sobre nuestras manos y en algunas ocasiones los dedos permanecieron el tiempo suficiente como para admitir que habían sido sentidos. En varias ocasiones hice rápidos movimientos hacia delante, tratando de coger el brazo cuando los dedos estaban tocando cerca de mí, pero ni una vez toqué nada. Las cosas fueron transportadas sobre la mesa de uno a otro. Los guantes del sargento Cox fueron sacudidos delante de nuestras caras. El pañuelo de bolsillo de Home fue depositado con suavidad sobre nuestras cabezas, hombros y manos, y luego dulcemente retirado y transportado a otro lugar.

Durante todo ese tiempo se oían notas en el acordeón y voces hablando. En dos o tres ocasiones hubo más trabajos de este tipo que los que podrían haber realizado los tres médiums que estaban presentes, *incluso aunque ellos hubiesen estado totalmente libres* tratando de engañarnos. Luego oímos dos voces, el acordeón moviéndose y tocando, la campana sonando, el pañuelo moviéndose, los dedos tocándonos, todo en partes distintas de la mesa, mientras que los médiums estaban conversando tranquilamente en sus sillas con sus voces naturales.

Tengo la sensación de que es imposible describirle todas las cosas chocantes que tuvieron lugar, o transmitirle el intenso sentimiento de autenticidad y realidad que causaron en nuestras mentes, pero quiero que venga y que asista a otra sesión que se celebrará el próximo martes 25 en Russell Square, a la que Home ha prometido asistir, y en la que estamos intentando reunir al mismo grupo y si es posible en las mismas condiciones. No obstante, debe estar preparado para la posibilidad de un fracaso. Home tenía un maravilloso poder la última noche, pero es el más dudoso de los médiums, y es bastante factible que la próxima vez no suceda nada en absoluto. A pesar de todo, la combinación de

los tres médiums debería ser una descarga suficiente de poder.

No voy a pedir disculpas por esta carta tan larga, porque creo que no le importará las molestias de leerla; tampoco le voy a decir que la mantenga en estricta privacidad. Pero a la vez, por favor, sea cuidadoso con a quién se la enseñe, porque no quiero ser recluido en un asilo para lunáticos, ni que se me expulse de la sociedad científica. Escribo esto, con copia, con el motivo de registrar mis propias impresiones cuando aún están frescas en mi mente; pero el sargento Cox ha asumido la misión de redactar un informe completo de la reunión que todos repasaremos, corregiremos y firmaremos.

El tercer ejemplo proviene de lord Rayleigh, quien en una carta fechada el 7 de junio de 1874, dirigida al, recordemos, filósofo y economista inglés Henry Sidgwick, manifestaba:

Ahora he visto bastante de espiritualismo con la Sra. Jencken y un poco con la Sra. Guppy, pero hasta el momento para mí nada absolutamente demostrativo. Al mismo tiempo, mi impresión (que es bastante fuerte aunque muy variable) es en favor de que el fenómeno es genuino. […]

Si usted viene a Terling [la propiedad en la que se encontraba la mansión de Rayleigh, en Essex, y en que tenía su laboratorio], creo que podríamos llegar a una conclusión satisfactoria para los dos, pero si esta conclusión fuera en favor de los espíritus, dudo que pudiéramos pasar al otro mundo. En mi laboratorio yo podría inventar pruebas y ayudar a la manifestación utilizando sólo luz roja, etc., mejor que en cualquier otro sitio. […]

Me sorprende bastante el poco interés que la mayoría de la gente tiene en esta cuestión. Decidir sobre la existencia de una mente independiente de la materia ordinaria debe ser mucho más importante de lo que podría ser cualquier descubrimiento científico, o más bien sería el descubrimiento científico más importante posible.

No es éste el lugar para estudiar las defensas y acusaciones que se produjeron con relación a las numerosas experiencias con médiums. Entre los

científicos se cuentan el mencionado John Tyndall, Michael Faraday, lord Kelvin, Peter Guthrie Tait y Joseph John Thomson. Únicamente ofreceré dos ejemplos de voces críticas, las de Michael Faraday y J. J. Thomson (1856-1940), director del Laboratorio Cavendish y *master* del Trinity College de Cambridge. Thomson obtuvo el Premio Nobel de Física de 1906 «en reconocimiento a los grandes méritos de sus investigaciones teóricas y experimentales sobre la conducción de la electricidad en gases», investigaciones que le permitieron identificar en 1897 la existencia del electrón como partícula que formaba parte de toda la materia.



Lord Rayleigh, retrato atribuido a George Reid (1903).
© *The Royal Society*

En vez de utilizar algún texto del propio Faraday, recurriré a lo que el escritor Arthur Conan Doyle (1859-1930), el autor de las famosas historias de Sherlock Holmes y un ferviente creyente en el espiritismo, escribió en uno de sus libros, significativamente titulado *The History of Spiritualism* (*Historia del espiritismo*, 1926):

> Como era de esperar, no pasó mucho tiempo sin que la rápida difusión de los fenómenos [espiritistas] obligara a los escépticos de la ciencia a reconocer su realidad o al menos a tomar medidas para hacer ver el engaño de aquéllos que atribuían los movimientos de las mesas a una causa exterior. [James] Braid, [William Benjamin] Carpenter y Faraday manifestaron públicamente que esos movimientos se debían sencillamente a la acción muscular inconsciente. Faraday ideó ingeniosos aparatos con los que creía poder demostrar definitivamente sus asertos. Pero lo que le ocurrió a Faraday, como a otros muchos críticos, es que no dispuso de un buen médium, y el hecho, perfectamente demostrado, del movimiento de las mesas sin contacto alguno es suficiente para destruir sus menguadas teorías. La persona que sin haber manejado jamás un telescopio contradijera con desdén las afirmaciones de los astrónomos estaría en el mismo caso que los que se han atrevido a criticar las cuestiones psíquicas sin haber tenido jamás la menor comprobación de ellas.

Si he utilizado esta cita es para mostrar uno de los «argumentos» que es frecuente encontrar para desautorizar a quienes no comparten la misma opinión. Todo ello, independientemente de que esa opinión pueda resultar correcta.

En el caso de J. J. Thomson, recurriré a su autobiografía, *Recollections and Reflections* (1936), en la que dedicó todo un capítulo, el V («*Psychical Research*»), a las experiencias psíquicas por considerarlas importantes. Comenzaba de la forma

siguiente:

> En los noventa [1890], a instancias de F. W. Myers [poeta y filólogo que fue uno de los fundadores de la Society for Psychical Research], asistí a un considerable número de sesiones en las que se suponía que se producían efectos físicos anormales. Éstas fueron de la única clase que fui a ver. No asistí a demostración alguna de transferencia de pensamiento, o aquéllas en las que el médium demostraba un conocimiento de los asuntos personales de alguien que no podía haber obtenido por medios naturales. Los resultados fueron muy decepcionantes; en todas, menos en dos de las que asistí, nada en absoluto sucedió, y en esas dos en las que ocurrió algo existieron fuertes razones para sospechar algún fraude.

A continuación, Thomson explicaba con detalle lo que sucedió en aquellas dos sesiones, en una de las cuales, celebrada en Cambridge, participó una médium que alcanzó entonces gran renombre, Eusapia Palladino (1854-1918), una campesina italiana que había sido descubierta por el profesor Charles Richet, un famoso fisiólogo francés. En aquella sesión, además de Thomson, del propio Richet y de otros, participó lord Rayleigh. Aunque para él la sesión con Eusapia no fue en modo alguno concluyente, Thomson añadía:

> Debe decirse que sir Oliver Lodge, el profesor Richet y el Dr. y Mrs. Sidgwich [que también habían participado en la sesión junto a Thomson] observaron a Eusapia bajo condiciones mucho más favorables en la casa del profesor Richet, en una isla cerca de Hyères, y que sir Oliver todavía es de la opinión de que los efectos observados eran genuinos, y que el fracaso posterior de Cambridge se debió a que, entretanto, ella había perdido la mayor parte de su poder, suplantándolo por prestidigitación. El fenómeno de desplazar cortinas sin aparente conexión con Eusapia, y cuando tampoco hacía viento, tuvo lugar en la isla. La explicación que Lodge favorecía es que ella tenía el poder de moverlas gracias a un brazo suplementario, que posee las

> propiedades mecánicas de empujar y atraer, pero que no es de la carne y sangre ordinarias. A esta sustancia se le ha llamado ectoplasma. […] Se ha intentado, tanto en Londres como en París, fotografiar el ectoplasma utilizando los invisibles rayos infrarrojos, que pueden utilizarse en una habitación a oscuras donde se supone que ocurren estos fenómenos. Sin embargo, estos experimentos no han conducido a ningún resultado concluyente. En los experimentos de París se pensaba que el ectoplasma producía una absorción apreciable de los rayos infrarrojos, pero en los de Londres, donde las fotografías infrarrojas se tomaron con un aparato diseñado por lord Rayleigh, no se observó efecto alguno que pudiera adscribirse al ectoplasma. Creo que, aunque se han utilizado instrumentos de gran delicadeza para detectar efectos físicos producidos por medios psíquicos, todavía no han proporcionado ninguna evidencia de su existencia. Las personas que manifiestan que los producen son muy psíquicas e impresionables y puede ser tan poco razonable esperar de ellas que produzcan sus efectos cuando están rodeadas de hombres de ciencia armados de delicados instrumentos, como lo sería que un poeta creara un poema en presencia de un comité de la British Academy.

En resumen, J. J. Thomson era crítico con la existencia de estos fenómenos paranormales, pero, hombre de su tiempo, dejaba abierta una puerta a su posible existencia.

26
THOMSONKELVIN Y HELMHOLTZ*

Hermann von Helmholtz (1821-1894), otro de los gigantes de la ciencia del siglo XIX y, en general, de todos los tiempos, *rara avis* de la ciencia, dejó contribuciones fundamentales en diferentes disciplinas, básicamente en fisiología, física y matemática.



Hermann von Helmholtz.

Nacido en Potsdam, en 1838 se trasladó a Berlín

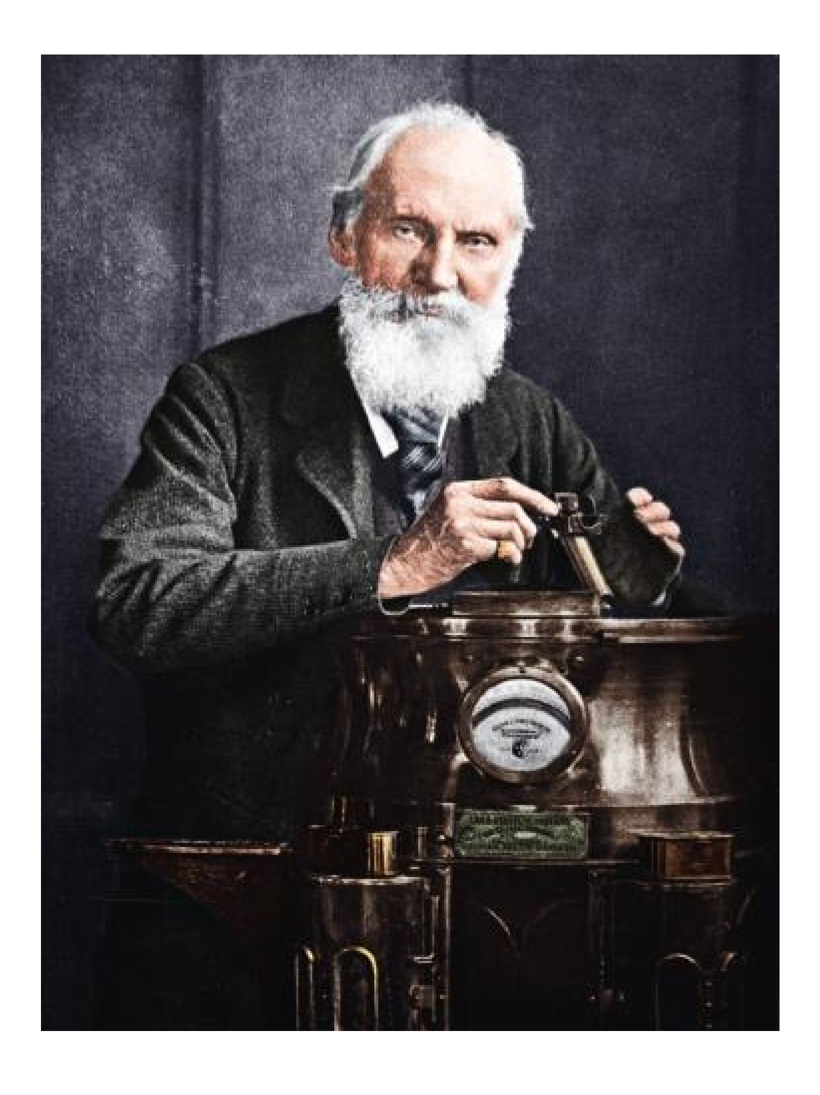
para iniciar sus estudios médicos en el Instituto Médico-Quirúrgico Friedrich-Wilhelm, una escuela de medicina del Ejército de Prusia, también conocido como la *Pépinière*, fundada en 1795 y destinada a formar médicos militares. El que eligiese esta escuela se debía a que su familia no poseía medios suficientes, y el Instituto Friedrich-Wilhelm proporcionaba educación gratuita (más un pequeño salario) a algunos alumnos destacados a cambio de comprometerse a dedicar los siguientes ocho años después de su graduación al servicio del Ejército prusiano.

Finalizó sus estudios con una tesis —dirigida por Johannes Müller y defendida el 2 de noviembre de 1842— sobre *La estructura del sistema nervioso en los invertebrados* (*De Fabrica Systematis nervosi Evertebratorum*), tras lo cual fue nombrado oficial médico y destinado al hospital militar de Potsdam. Allí permaneció cinco años. Como sus obligaciones médicas no eran excesivas pudo compatibilizarlas con la investigación. Estableció un pequeño laboratorio en un barracón, en el que se dedicó a estudiar la producción de calor durante la contracción muscular; observó que la explicación del calor animal en función de transformaciones químicas en los músculos encajaba perfectamente con los propósitos de una física que no fuese ajena a los fenómenos orgánicos. Demostró entonces que el calor no era transportado a los músculos a través de los nervios o de la sangre, sino que lo producían los propios tejidos. Cuantificando estos hechos fisiológicos, dedujo un equivalente mecánico del calor que incorporó en su gran memoria de 1847, «Über die Erhaltung der Kraft» (Sobre la conservación de la fuerza; aunque *kraft* significa ‘fuerza’, el contenido del trabajo implica que

ese término significaba «energía»). Este trabajo —la formulación más general hasta entonces del primer principio de la termodinámica— le ayudó, de la mano del influyente Alexander von Humboldt, a obtener permiso para abandonar el ejército en 1848 y aceptar la oferta de enseñar Anatomía en la Academia de Bellas Artes de Berlín. Allí estuvo únicamente un año, pasando a continuación a Königsberg como profesor asociado (catedrático desde 1851) de Fisiología, donde continuó sus investigaciones en fisiología de los nervios (midió, por ejemplo, la velocidad de los impulsos nerviosos); entró asimismo en la óptica y acústica fisiológica, áreas en las que siguió interesándose los siguientes veinte años. Mientras preparaba una de sus clases, se dio cuenta de que las sencillas leyes de la óptica geométrica le permitían construir un instrumento de gran importancia potencial para la comunidad médica: el oftalmoscopio. Apoyado por tales logros, en 1855 consiguió una cátedra de Anatomía y Fisiología en la Universidad de Bonn, y, en 1858, una de Fisiología en Heidelberg. En 1871, se reconocían públicamente las contribuciones que había realizado a la física —entre las que figuraban sus estudios sobre el electromagnetismo, donde produjo una teoría muy general basada en acciones a distancia— con una cátedra de Física en la Universidad de Berlín. Finalmente, en 1888 fue nombrado presidente del recién creado Physikalisch-Technische Reichsanstal, el Instituto Imperial de Física Técnica.

El caso de Helmholtz y, en general, el de la relación entre fisiología, medicina, química y física a lo largo del siglo XIX, muestra que, aunque nos empeñemos en introducir divisiones, existe una

unidad intrínseca en la ciencia sin la cual difícilmente podremos comprender sus aspectos más interesantes. Pero lo que deseo aquí es ofrecer algunos detalles de la amistad que mantuvo con William Thomson-lord Kelvin, otro de los gigantes de la ciencia decimonónica, como ya hemos visto.



William Thomson, lord Kelvin, con la brújula para navíos que inventó, Anna Glasgow (1902).
© *James Craig Annan/Heritage Images/The Print Collector/Album*

La amistad Thomson-Helmholtz se inició en el verano de 1855, que Thomson pasó en el balneario alemán de Kreuznach (Creuznach escribía Thomson) siguiendo el consejo de los médicos que trataban a su esposa, Margaret, enferma. El 23 de julio, Thomson escribía a su hermana Elizabeth, Mrs. King tras su matrimonio en 1842 con el reverendo David King:

> El doctor de aquí, que me parece un hombre sensible, confía mucho en que Margaret se pondrá bien, y que las aguas le serán muy útiles para promover su mejoría. […] Como no se la permite montar a caballo, o andar más que unos pocos minutos cada día, la saco fuera, para que tome el aire en un balcón, en una silla del tipo Bath en la que se sienta mucho tiempo leyendo o trabajando. […] Éste es un lugar muy aburrido y el escenario ofrece una muy pobre compensación para nuestro favorito Arran [una isla de Escocia], que estamos perdiendo.

Margaret Thomson falleció en junio de 1870.

Aprovechando su estancia en Kreuznach, Thomson escribió el 24 de julio la siguiente carta a Helmholtz:

> Señor:
>
> Creo que ha tenido usted tiempo desde que recibió una invitación oficial para asistir a la reunión de la British Association [for the Advancement of Science], que tendrá lugar en septiembre en Glasgow. Le escribo en esta ocasión para expresarle personalmente mi gran deseo de que pueda usted aceptar la invitación. Consideraría su presencia como la adquisición más distinguida que pueda tener la reunión, y por esta razón, y no otra, sería un placer para mí saber que usted asistirá, pero por mi parte esperaría con ilusión y con el mayor placer semejante oportunidad de conocerle, algo de lo que he estado ansioso desde la primera vez que tuve el «Erhaltung der Kraft» en mis manos. Lamenté profundamente no haber estado en la reunión de Hull, cuando me enteré de que usted había estado allí, y también me decepcioné mucho al perder la oportunidad de verlo cuando fue

> tan amable de ir posteriormente a visitarme a Glasgow; pero espero ser más afortunado este verano. ¿Podría pedirle el favor de que me informase si decide venir, y permitirme organizar su alojamiento durante su estancia en Glasgow? ¿Me podría usted informar también si existe alguna posibilidad de que se encuentre en esta parte de Alemania antes de septiembre, porque me gustaría, si fuese posible, hacer planes para encontrarnos? Me quedaré en Creuznach algo más de tres semanas, posteriormente mis planes son inciertos.
>
> Permítame usar esta oportunidad para agradecerle los artículos que ha tenido la amabilidad de enviarme, cada uno de los cuales, no hace falta que se lo diga, tengo en muy alta estima. Quedo, con gran consideración, sinceramente suyo,
>
> WILLIAM THOMSON.
>
> P. D. Si me escribe, no me importaría que fuese en su propio idioma, que no tengo dificultad en leer, aunque no lo conozco lo suficientemente bien como para escribirlo.

Efectivamente, Helmholtz había participado en la reunión (era la número 23) de la British Association for the Advancement of Science que había tenido lugar en Hull en septiembre de 1853 y a la que asistieron seiscientas personas. Por entonces Helmholtz ya era bien conocido en Inglaterra; la versión al inglés de su memoria «Über die Erhaltung der Kraft» había aparecido poco antes, en la primavera, traducida nada menos que por John Tyndall.

Cuando recibió la carta de Thomson, Helmholtz estaba a punto de abandonar Königsberg para trasladarse a su nueva cátedra en Bonn. De hecho, su partida estaba prevista para la siguiente mañana, pero tenía tantos deseos de conocer a Thomson y tanto que tratar con él que retrasó su salida y viajó a Kreuznach, donde permaneció un día más de lo planeado, para disgusto de su esposa, Olga. El 6 de agosto escribía a ésta:

> Esperaba encontrar a un hombre, que es el primer físico-matemático de Europa, algo mayor que yo, y me quedé muy asombrado cuando se presentó un joven extremadamente hermoso y muy juvenil, con aspecto bastante afeminado. Había reservado muy cerca una habitación para mí, y me hizo recoger mis cosas del hotel y hospedarme allí. Se encuentra en Creuznach por la salud de su esposa. Ella apareció un rato durante la tarde, y es una dama encantadora e intelectual, pero con muy mala salud. Él supera con mucho a todos los grandes hombres de ciencia que he conocido en inteligencia, y lucidez, y en rapidez de pensamiento, de manera que en ocasiones me sentí bastante inferior frente a él.

Aquella primera reunión fue el comienzo de una amistad que duró hasta la muerte de Helmholtz.

La dirección del Laboratorio Cavendish

A finales de 1870, William Cavendish, séptimo duque de Devonshire (había sucedido al príncipe consorte, el marido de la reina Victoria, en el puesto de canciller de la Universidad de Cambridge), manifestó su deseo de financiar la construcción y equipación de un laboratorio de física en la universidad. Para dirigir este laboratorio se crearía una cátedra de Física Experimental, cuyo poseedor tendría también la obligación de «enseñar e ilustrar las leyes del calor, electricidad y magnetismo; dedicarse él mismo al avance del conocimiento de tales temas; y promover su estudio en la Universidad». Conocida la decisión del Senado de la Universidad —tomada el 28 de noviembre de 1870— de crear esa cátedra, al día siguiente, el reverendo Henry Wilkinson Cookson, *master* de Peterhouse, decidió ofrecer la cátedra a Thomson, por entonces ya sir William. La respuesta de Thomson, fechada el 1 de diciembre desde el Glasgow

College, fue la siguiente:

> Mi querido Cookson:
>
> Le agradezco mucho su carta del 29 de noviembre.
>
> Cualquier decisión que pueda tomar en semejante materia es igualmente dolorosa para mí. En otras circunstancias, el clima comparativamente más benigno y lo agradable de la sociedad de Cambridge me hubiesen decidido a aceptar sin dudar. Pero ahora siento que no hay nada más para mí en la vida que hacer lo más que pueda en el mundo científico, durante el tiempo que me quede de vida. Las grandes ventajas que tengo aquí con el nuevo *college*, los aparatos y la asistencia que se me proporciona, la conveniencia de Glasgow para que se realice el trabajo mecánico, me ofrecen unos medios de acción que no podría tener en ningún otro lugar. Sería imposible para mí sentirme tan libre de ansiedad, con respecto a las obligaciones de un nuevo puesto, especialmente uno de tanta importancia como la cátedra propuesta en Cambridge, como me siento aquí después de 24 años, y sin ese estar libre de ansiedad no podría hacer trabajo científico alguno. Pero por encima de todo siento una repugnancia invencible, en las circunstancias en que me encuentro [acababa de fallecer su mujer], a la idea de comenzar una nueva vida, y especialmente una que habría estado tan llena de interés. Créame, sinceramente suyo,
>
> WILLIAM THOMSON

Y en este punto entró en escena Helmholtz, el científico extranjero más conocido y respetado en el Reino Unido (en la primavera de 1864 había vuelto allí, donde permaneció seis semanas pronunciando varias conferencias, entre ellas la prestigiosa *Croonian Lecture* en la Royal Society). El 28 de enero de 1871, desde el Ateneo de Londres, Thomson escribía a Helmholtz:

> Mi querido Helmholtz:
>
> Me han pedido Stokes y también el *master* y tutor de mi *college* en Cambridge que le escriba preguntándole si usted podría ser inducido a aceptar una nueva cátedra de Física Experimental que

se va a crear allí. Se desea muy intensamente crear en Cambridge una escuela de ciencia experimental, no meramente un conjunto de clases con ilustraciones experimentales, sino con un laboratorio físico en el que los estudiantes, bajo el catedrático y sus asistentes, realizasen experimentos, y el catedrático tendría todas las facilidades disponibles para realizar investigaciones experimentales. El duque de Devonshire ya ha donado 6.000 libras para la construcción del laboratorio y para proporcionar los primeros instrumentos. Creo que se puede esperar con toda confianza que los fondos estarán disponibles enseguida para realizar bien esta parte del plan. La Universidad propone dar 500 libras anuales al catedrático, cuyos ingresos aumentarán algo por las matrículas de los estudiantes. Pero, si acepta la cátedra, puedo decir que es bastante seguro que también se le nomine, cuando menos, a una *fellowship* en St. Peter College, lo que le proporcionará una renta adicional de 250 o 300 libras. De este modo, creo que la renta con que contar no sería inferior a 800 libras. Pero pienso que es probable que se le ofrezca una *praelectorfellowship* en Trinity College, aunque en este caso hablo sólo por mi propio juicio. Las obligaciones de una *praelectorfellowship*, una nueva institución en Trinity College (se ha otorgado una al Dr. Michael Foster, y se intentaba que existiese otra para física experimental), se cumplirían por completo, dando facilidades a los miembros del Trinity College para asistir a las clases magistrales del catedrático [*professor*]: esto es, si el *catedrático* de la universidad es nombrado a la *praelectorship*. Si no, el *praelector* simplemente daría clases de física en el Trinity College. El salario de la *praelectorship* sería de unas 600 libras, de manera que, si el catedrático es designado para la *praelectorship*, tendría 1.100 libras anuales.

Sé que la cuestión del monto del salario está muy alejada de ser la primera en lo que respecta a los incentivos que podrían causar, posiblemente, que usted pensase en aceptar semejante propuesta, y estoy totalmente preparado para saber que usted es «absolutamente para» Berlín. Con todo, es una cuestión que debería sopesar antes de que pueda decidir aceptar, y por esta razón le he dicho todo lo que puedo con respecto a ella. Si existe la menor posibilidad de que pudiese considerar la idea de venir a este país, creo que el puesto de Cambridge presentaría muchas ventajas. Sería ciertamente un campo de lo más interesante por lo que respecta a nuestra profesión, en tanto que el deseo de una ciencia física crece cada vez con mayor fuerza en la Universidad, y la fuerza de la opinión pública avanza continuamente en su favor, y la favorece cuando el estímulo es necesario. Las

obligaciones de *impartir clases* ocuparían sólo veinte semanas al año, y el resto del tiempo estaría disponible para investigación experimental o matemática y para escribir sobre asuntos científicos. ¿Podría mandarme unas líneas lo antes posible para decirme si cree que se le podría inducir a aceptar, o si por el contrario se decide inmediatamente en contra de ello? No es preciso decir que sería una gran satisfacción y una ventaja para los científicos ingleses tenerle a usted entre nosotros en lugar de tener sólo muy raras oportunidades de verle, y que yo mismo consideraría como una gran ganancia la diferencia en distancia entre Glasgow y Cambridge y Berlín.

Escribo necesariamente con prisa, y sólo puedo añadir que, con independencia de esta cuestión, deseaba escribirle para tener noticias sobre usted y su familia, y en especial para saber cómo le ha afectado esta terrible guerra. Deseo con todas mis ganas que no haya tenido motivos de ansiedad con respecto a su hijo u otros familiares.

Me encuentro en Londres con motivo de un comité, invitado para aconsejar al Almirantazgo sobre diseños de barcos para la guerra, especialmente en cuestiones de estabilidad, como consecuencia de la pérdida del *Captain*, que volcó con quinientos hombres en el golfo de Vizcaya el pasado septiembre. Cuando me escriba dirija la carta a The College, Glasgow, porque solamente estoy en Londres unos pocos días cada quincena. Créame, siempre sinceramente suyo.

WILLIAM THOMSON

En aquel momento Helmholtz estaba negociando con Berlín, que le había ofrecido una cátedra de Física, y declinó la oferta de Cambridge. En marzo, James Clerk Maxwell, otro antiguo alumno de Cambridge al igual que Thomson, aceptó la dirección del Cavendish y la cátedra asociada.

El final impuesto a una larga amistad

Como señalé, la amistad entre Thomson-Kelvin y Helmholtz se mantuvo hasta la muerte, el 8 de septiembre de 1894, del polifacético científico alemán. El 11 de octubre de 1894, desde París, Kelvin escribía

a la esposa de Helmholtz:

Mi querida señora Von Helmholtz:

La triste noticia nos llegó aquí ayer por la noche, y le enviamos un telegrama para mostrar nuestras condolencias ante este gran dolor. Su carta a lady Kelvin [Thomson se volvió a casar], que ella me reenvió mientras yo estaba todavía fuera en mi crucero, me puso muy ansioso, pero aún tenía esperanzas de saber sobre su recuperación y de tener la posibilidad de pensar con ilusión en otros encuentros felices con mi amigo. Pero no fue así.

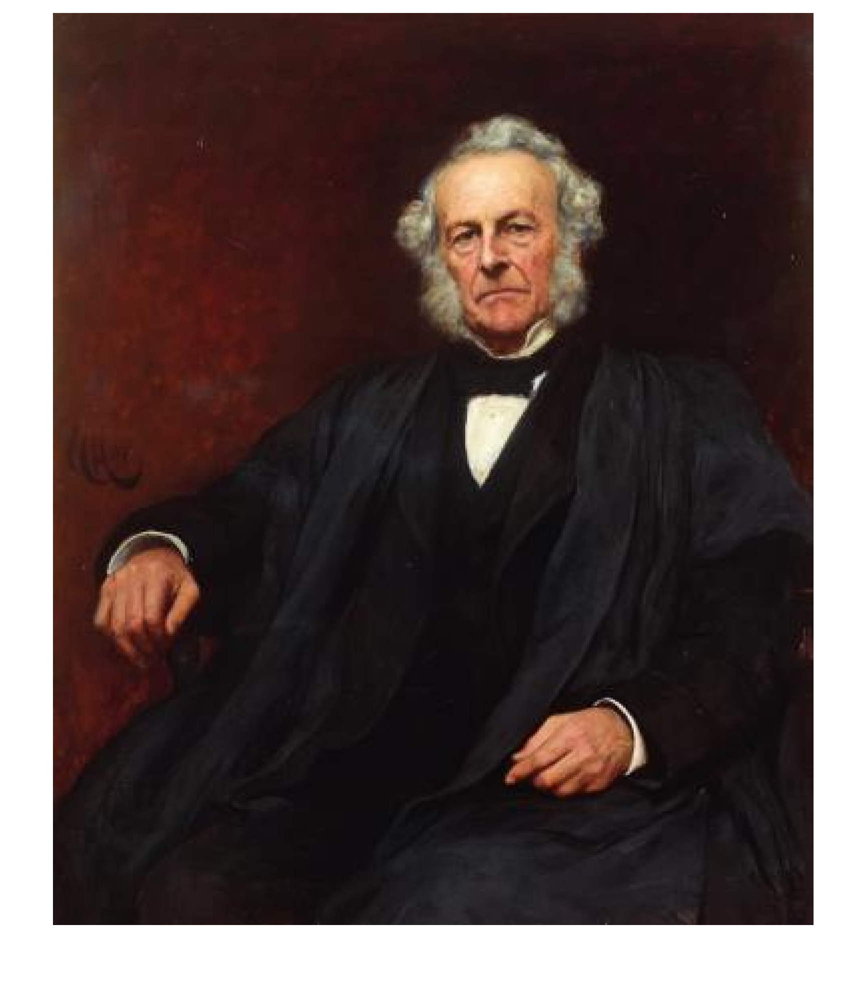
Estoy lleno de recuerdos de encuentros felices del pasado, el primero de los cuales fue cuando él vino a verme a Creuznach en 1856, y todos ellos fueron para mí un puro placer. La pérdida es tan grande para mí que no puedo hablar de ella, y siento que no debo entrometerme en su propia y más sagrada tristeza. Pero siento que debo escribir esto ahora, en nuestro camino hacia la casa en Largs, para hacerla saber mi más sentido pesar, y expresar de parte de mi esposa los más profundos y cálidos sentimientos por usted. Créame, querida señora Helmholtz, siempre su afectuoso amigo,

KELVIN

27
KELVIN Y STOKES SOBRE LOS RAYOS X Y LA RADIACTIVIDAD*

George Gabriel Stokes (1819-1913), sir George en 1889, y William Thomson (1824-1907), sir William a partir de 1867 y lord Kelvin of Largs desde 1892, figuran entre los científicos más distinguidos de la era victoriana del Reino Unido. Además, compartieron mucho: nacieron en Irlanda; estudiaron en la Universidad de Cambridge, graduándose con honores en el exigente examen denominado *Mathematical Tripos* (Stokes fue *senior wrangler* —el que obtuvo la calificación más alta— en 1841, mientras que Thomson fue *second wrangler* en 1845); los dos obtuvieron el prestigioso Premio Smith de su universidad el año de sus respectivos exámenes en el *Tripos*; Stokes, que nunca abandonó Cambridge, se convirtió en *Lucasian professor* —la cátedra que había ocupado Newton— en 1849, y Thomson, la cátedra de Filosofía Natural (el nombre entonces todavía utilizado en el Reino Unido para la Física) de la Universidad de Glasgow en 1846; y ambos llegaron a presidir la Royal Society. Por lo que se refiere a sus contribuciones a la ciencia, ambos dejaron una profunda huella en la física. De Stokes es obligado recordar, al menos, sus trabajos en hidrodinámica, tanto experimentales como teóricos, en los cuales introdujo el concepto de «fricción interna» de un fluido incompresible. El ingeniero francés Claude Navier publicó en 1822 las ecuaciones fundamentales del movimiento de este tipo de fluidos, pero su derivación era inaceptable y fue Stokes quien las puso

en una base teórica firme en 1845 utilizando el concepto de fricción interna; de ahí que estas ecuaciones —utilizadas habitualmente por ingenieros aeronáuticos e hidráulicos, diseñadores de barcos y meteorólogos, y que describen la onda que se produce detrás de un barco, o las turbulencias que se originan en el vuelo de los aviones— se denominen de Navier-Stokes. Thomson fue más polifacético: compartió méritos con Clausius y Carnot en la formulación de la segunda ley de la termodinámica, y sus contribuciones al desarrollo del electromagnetismo fueron significativas, como expliqué en el capítulo 23, para que Maxwell llegase a formular las ecuaciones que rigen el campo electromagnético. Además, sus aportaciones a la tecnología fueron numerosas e importantes; entre ellas están sus contribuciones para solucionar algunos problemas que se presentaron en los trabajos para establecer el gran cable telegráfico transatlántico entre las islas británicas y Norteamérica, instalado finalmente con éxito en 1866.



George Gabriel Stokes, retrato atribuido a Hubert von Herkomer (1891).
© *The Royal Society*

Las cartas que Stokes y Thomson-Kelvin se intercambiaron figuran entre las correspondencias más numerosas que se han conservado entre dos científicos; la primera carta, de Stokes a Thomson, data del 15 de octubre de 1846, y la última, también de Stokes, es del 29 de octubre de 1901; están, además, disponibles gracias a los dos volúmenes que David Wilson editó en 1990: *The Correspondence between Sir George Gabriel Stokes and Sir William*

Thomson, Baron Kelvin of Largs. Como es natural en un intercambio tan prolongado entre dos personas, con tantas actividades y cargos, en sus cartas aparecen cuestiones muy diferentes; en la primera carta, por ejemplo, Stokes comentaba a Thomson detalles comunes, de la vida diaria: «Hablé con [William] Hopkins sobre la composición de la [Cambridge] philosophical Soc. [Society] cuando nos encontramos el otro día en la cena. Me dijo que pensaba que lo que se pague ahora sería considerado como que incluye el pago por el año *actual*». Ante la duda de qué temas seleccionar entre los muchísimos que aparecen en sus cartas, he optado por presentar algunos detalles de cómo reaccionaron ante dos descubrimientos inesperados: los rayos X y la radiactividad.

Cuando el siglo XIX daba sus últimos coletazos, se extendió entre los físicos la idea de que con la dinámica newtoniana y la electrodinámica de Maxwell quedaban completas las bases teóricas que describían la naturaleza. Así, se adjudican al físico Albert Abraham Michelson —recibió el Premio Nobel de Física en 1907 (fue el primer estadounidense en recibirlo)— unas frases que aparentemente pronunció el 2 de julio de 1894: «Parece probable que la mayoría de los grandes principios básicos hayan sido ya firmemente establecidos y que haya que buscar los futuros avances, sobre todo, aplicando de manera rigurosa estos principios [...]. Las futuras verdades de la ciencia física se deberán buscar en la sexta cifra de los decimales». Que estaba profundamente equivocado se demostró enseguida, en 1895, con el descubrimiento de los rayos X, al que siguió en 1896 el de la radiactividad, fenómenos que nadie sabía explicar.

El descubrimiento de los rayos X abrió una nueva ventana a la naturaleza física. Fueron observados por primera vez por Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923), director del Instituto de Física de la Universidad de Wurzburgo, el 8 de noviembre de 1895. Inmediatamente después de darse cuenta de que había detectado una nueva radiación, se dedicó, durante seis semanas, a estudiar sus misteriosas propiedades de manera más precisa. El 28 de diciembre presentaba su célebre primera memoria («Sobre una nueva clase de rayos») ante la Sociedad Física y Médica de Wurzburgo. El 1 de enero de 1896 ya disponía de separatas, que envió, junto a copias de sus famosas fotografías (entre ellas, la de la mano de su esposa, tomada el 22 de diciembre), a los principales científicos europeos. En una entrevista que concedió a un periodista, Röntgen dio algunos datos relacionados con su descubrimiento que merece la pena reproducir:

> Desde hace ya bastante tiempo venía interesándome por los rayos catódicos, en la forma en que habían sido estudiados por Hertz, y especialmente por Lenard, en un tubo de vacío. Con gran interés había seguido sus experimentos, así como los de otros físicos y me había propuesto realizar yo mismo algunos ensayos al respecto en cuanto tuviera tiempo. A finales del mes de octubre de 1895 lo conseguí. No hacía mucho que había comenzado con mis ensayos cuando observé algo nuevo. Trabajaba con un tubo de Hittorf-Crook envuelto completamente en papel negro. Sobre la mesa, al lado, estaba colocado un trozo de papel indicador de platinocianuro de bario. Hice pasar a través del tubo una corriente y noté una curiosa línea transversal sobre el papel. [...]
>
> El efecto era tal que, con arreglo a las ideas de entonces, solamente podía resultar de la radiación de la luz. Pero era totalmente imposible que la luz proviniera de la lámpara, puesto que, indudablemente, el papel que la envolvía no dejaba pasar luz alguna, ni siquiera la de una lámpara de arco.

La naturaleza de los rayos X fue intensamente debatida desde un principio. La mayor parte de los físicos pensaba que era algún tipo de radiación electromagnética. El propio Röntgen era de esta opinión, en favor de la cual ofrecía hechos como que, al igual que la luz, la nueva radiación se propagaba en línea recta, y que no se desviaba en campos eléctricos o magnéticos. Por otra parte, existían evidencias que indicaban que no se comportaban como los rayos de luz ordinaria: «He tratado de varias maneras —escribía Röntgen— detectar en los rayos X fenómenos de interferencia, pero, desgraciadamente, sin éxito, acaso solamente por su débil intensidad […], tampoco pueden ser polarizados por ninguno de los métodos ordinarios». En consecuencia, era de la opinión de que «estos rayos ultravioletas se comportan de manera completamente diferente a como lo hacen los rayos ultrarrojos, visibles y ultravioletas que se han conocido hasta ahora». No obstante, le parecía que existía «algún tipo de relación entre los nuevos rayos y los rayos de luz». Y en este punto aparecen Thomson y Stokes.

El 1 de febrero de 1896, muy poco después de que Röntgen comenzase a difundir su descubrimiento, Thomson, o mejor ya Kelvin, escribía a Stokes: «Con respecto a los rayos X de Röntgen, ¿eres un longitudinista, un ultravioletista o un *tertium-quidist*? […] La suposición absurda de un rayo ondulatorio y no de un torrente de moléculas hizo que Lenard perdiera el descubrimiento de los rayos X». Y el 10 de febrero, Stokes respondía:

> En cuanto a los rayos thr [sic] Röntgen, mi mente estaba dividida

entre las vibraciones transversales, que en su conjunto pensaba ser lo más probable, las vibraciones normales, de cuya existencia en el éter dudo mucho, de hecho estoy totalmente en su contra, y un *tertium quid*, que pensaba que podría ser un tipo de empuje, similar al que se tiene en un fluido incompresible. No creo que esto sea muy probable, pero podría valer la pena examinar la ley de decrecimiento con la distancia. Las vibraciones deberían dar la inversa del cuadrado; para el «empuje» uno esperaría la inversa del cubo. [J. J.] Thomson me dijo que ha puesto a uno de sus hombres a trabajar en la ley que relaciona la intensidad con la distancia.

Cuando ya había escrito lo anterior, el correo me ha traído la lista de ponencias para la R. S. [Royal Society] del jueves. Veo que estás a favor de las ondas longitudinales en el éter. Siento no poder ir a escuchar tu ponencia. Tengo un compromiso en Londres ese día hasta las cuatro, pero tenemos una cena en Pembroke, y tengo invitados, de manera que debo regresar en el tren de las cinco.

Estaba tan satisfecho de que las cosas tipo-rayo que salen de los cátodos, y que se ven afectadas por un campo magnético, eran corrientes de moléculas, o quizá átomos, que cuando accidentalmente encontré la expresión *Kathodostrahlen* [sic, debe ser *Kathodenstrahlen*] supuse que se las denomina rayo sólo en sentido metafórico, como un término conveniente. Al mencionarle esto recientemente a [J. J.] Thomson, me dijo que existen unos cuantos que las consideran como verdaderos rayos de algún tipo. Leyendo posteriormente algunos artículos alemanes encontré que los autores sostenían tan fuertemente esa opinión que pensé que más bien miraban por encima del hombro a los que pensaban de manera diferente. Cuando hablé con Thomson no había leído, pero ahora sí, el artículo de Lenard [«Über Kathodestrahlen in Gasen von atmosphärischem Druck und im aussersten Vacuum», *Annalen der Physik und Chemie 51* (1894, pp. 225-267)]. Röntgen parece pensar que Lenard ha saldado la cuestión de que los *Kathodostrahlen* [sic] son verdaderos rayos de algún tipo, aunque Röntgen distingue, lo que no hace Lenard, a los rayos-X de los *Khatodostrahlen* [sic].

Me pregunto cuál es tu idea sobre la manera en que, en los experimentos de Lenard, los *Kathodostrahlen* [sic] pasan, o parecen pasar, a través de una ventana de aluminio, a un vacío casi tan perfecto como se puede hacer. Mi opinión es que esto es similar a la forma en que, en una fila de bolas de marfil en contacto, si se golpea a la primera, es la última la que se separa; no es que yo asuma un mero movimiento mecánico tan exagerado

como éste. Para tener en consideración el fenómeno ordinario de una corriente molecular, las moléculas (o átomos) que se mueven rápidamente deben suponerse electrificadas. Mi opinión es que, en el caso común de una corriente (eléctrica) que fluye por un alambre, sucede algo en el alambre similar a, si no incluso de la misma naturaleza, lo que sucede en un electrolito cuando se hace pasar una corriente a través de él; que existe movimiento de los iones, o de lo que responde a iones, en ambos sentidos; y de nuevo igual en un tubo que contenga un gas rarificado, gas que si tiene la densidad adecuada mostrará la descarga estratificada.

Y una semana después, el 17 de febrero, Stokes volvía a escribir a Kelvin:

El jueves estuve en Londres, pero no me pude quedar a la reunión de la R. S. porque había una fiesta en el *hall* de Pembroke. He visto que [William de Wiveleslie] Abney propone denominar a las fotografías Röntgen como «electrografías». Pasé por la R. S. a mediodía y vi su artículo. [...]

Desde entonces he consultado el pasaje del que me diste la referencia en la traducción del artículo de Röntgen. Röntgen me envió una copia de su artículo, que leí, naturalmente, con mucho interés. Pero mientras lo leía no se me ocurrió la posibilidad de una teoría de «empuje», y parece estar entre vibraciones transversales de frecuencia excesiva, que es hacia lo que yo me inclino más, y vibraciones normales, hacia las que se inclina Röntgen. [...]

En el trabajo de Röntgen, las moléculas eléctricamente cargadas que fluyen desde el cátodo llegan bruscamente a la pared de vidrio del recipiente, en donde pueden muy bien haber excitado vibraciones de una frecuencia tan elevada que las ondas transversales que producen cambian demasiado rápidamente (es decir, de positivo a negativo) como para perturbar incluso las partes componentes de la mayoría de las moléculas compuestas, y en consecuencia las vibraciones del éter pasan sin refracción discreta y en la mayoría de los casos sin mucha absorción.

A pesar del gran número de físicos y de médicos que trabajaban en o con rayos X, no se avanzó demasiado en el conocimiento de su naturaleza hasta

1912. En 1905, por ejemplo, el físico de Liverpool Charles G. Barkla demostró que, después de todo, los rayos X sí se polarizaban y concluyó que, si eran un movimiento ondulatorio, entonces se trataba, al igual que la luz, de ondas transversales. Pero otros fenómenos apuntaban en direcciones contrarias. William Henry Bragg desarrolló un tipo de teoría corpuscular de los rayos X, a partir de sus estudios de la ionización producida en gases por diversas clases de radiaciones. La solución llegó en abril de 1912 cuando, en el Instituto de Física Teórica de la Universidad de Múnich, dirigido por Arnold Sommerfeld, Walter Friedrich y Paul Knipping observaron, siguiendo una propuesta de Max von Laue, la difracción de rayos X por un cristal. Si los rayos X eran ondas electromagnéticas de longitud de onda pequeña, y si los cristales estaban formados por átomos distribuidos de manera regular, dado que las distancias implicadas eran similares, se debían producir interferencias al hacer incidir los rayos sobre el cristal. Y esto es lo que se observó (midiendo distancias entre máximos y mínimos de intensidad, se podría calcular, como se hacía en la óptica ordinaria, la longitud de onda de los rayos X).

La noticia del descubrimiento de los rayos X se propagó rápidamente. En Francia, la Académie des Sciences dedicó su reunión del 20 de enero de 1896 a estudiar el tema. Uno de los asistentes a aquella sesión fue Antoine Henri Becquerel (1852-1908), desde 1891 catedrático de Física en el Museo de Historia Natural, la misma cátedra que antes habían ocupado su padre y su abuelo. Al igual que muchos otros científicos, Becquerel se puso inmediatamente a estudiar las propiedades de la nueva radiación. En particular,

intentó comprobar si los cuerpos fluorescentes generaban rayos X, una hipótesis formulada por el matemático y físico matemático Henri Poincaré en la mencionada sesión de la Académie. Los primeros resultados fueron negativos, pero insistió con sales de uranio, cuya fluorescencia ya había estudiado en otras ocasiones. Lo que obtuvo es parte de la historia contemporánea. El 24 de febrero, poco más de un mes después de la reunión de la Académie y casi cuatro del descubrimiento de Röntgen, Becquerel presentaba una comunicación a la Académie des Sciences en la que señalaba que los «rayos emitidos por la sal de uranio expuesta a la luz solar impresionan, a través de una espesa envoltura de papel, una placa fotográfica». Parecía, efectivamente, que la fluorescencia iba acompañada de rayos X. Sin embargo, una semana más tarde, el 2 de marzo, la Académie recibía otra comunicación de Becquerel, esta vez con un contenido mucho más sorprendente. El 26 de febrero se había visto obligado a interrumpir sus experiencias con las sales de uranio debido a que estaba nublado y no salió el sol. Como tenía la placa fotográfica protegida por una envoltura y la sal de uranio preparada, las guardó en un cajón, esperando que al día siguiente saliese el sol y pudiese exponer la sal a su luz. Como el tiempo no cambió en varios días, el 1 de marzo Becquerel optó por revelar la placa fotográfica, esperando encontrar imágenes débiles. Sorprendentemente, halló siluetas muy fuertes. Sin la intervención de la luz solar, sin ninguna fluorescencia visible, el compuesto de uranio había emitido una radiación capaz de impresionar la placa. Casi de inmediato, el 9 de marzo, Becquerel encontró que, además de oscurecer placas fotográficas, la nueva radiación ionizaba los

gases y los convertía en conductores, un hallazgo que permitía medir la «actividad» de una muestra. Se había descubierto la radiactividad, aunque este nombre aún no existía; Becquerel utilizó el nombre de «fosforescencia invisible».

Aunque el nuevo fenómeno no atrajo inicialmente demasiada atención —ésta llegaría gracias sobre todo al descubrimiento en 1898, debido a Marie y Pierre Curie, de dos nuevos elementos radiactivos, el polonio y el radio (volveré a este asunto en el capítulo 29)—, Stokes y Thomson sí estaban al tanto de las investigaciones en curso, aunque distaban de entender la verdadera naturaleza de los resultados que se estaban obteniendo en Francia. El 9 de marzo de 1896, poco después de la reunión en la Académie des Sciences, Stokes informaba a Kelvin de un nuevo resultado a cargo de Silvanus P. Thompson (1851-1916), catedrático de Física Aplicada e Ingeniería Eléctrica en el City and Guilds Technical College de Finsbury:

> Silvanus Thompson me escribió anunciándome un descubrimiento que ha hecho: que un fósforo solar expuesto un tiempo considerable a una luz ordinaria era una fuente de rayos Röntgen, o al menos rayos que atraviesan las sustancias opacas. He visto por las Comptes Rendus que se le han anticipado [se refería a Becquerel].
>
> Pensaría que los rayos Röntgen son vibraciones transversales de frecuencia extrema. No quiero decir que considero esto como establecido, sino solamente como que (para mí) es la explicación más probable de su naturaleza.

En marzo de 1897 ya iba entendiendo lo que estaba sucediendo, como se deduce de la carta que Kelvin dirigía a Stokes el 4 de aquel mes:

Querido Stokes:

Parece que Becquerel ha encontrado que el uranio metálico no ha perdido su maravillosa virtud cuando se mantiene durante meses en la oscuridad (desde marzo pasado hasta noviembre pasado). Yo no he tenido aún la oportunidad de probarlo porque hace sólo unos diez días que lo he recibido de [Henri] Moissan. Desde que lo tengo no se ha expuesto a ninguna luz, excepto a la ordinaria luz del día. He encontrado que sus «rayos» pasan a través de una lámina de aluminio, una lámina de cobre con espesor de quizá medio milímetro y a través de papel de estaño.

Cuando se mantiene el uranio a unas cuantas pulgadas del exterior de una caja de aluminio cerrada, dentro de la cual hay un disco de cobre aislado y conectado con el electrodo aislado de un electrómetro, mediante un delgado hilo que pasa a través de un agujero de la caja, estando la caja conectada con la caja de metal del electrómetro, el electrómetro muestra una lectura que le desvía de su cero[8] metálico, de manera algo similar a lo que se encontraría si se conectase el cobre y el aluminio mediante una gota de agua.

Dos días después, el 6 de marzo, Stokes informaba a Kelvin que él también estaba investigando el fenómeno:

Gracias por la información sobre el uranio. He visto en las Comptes Rendus que Becquerel ha encontrado el efecto fotográfico en compuestos de uranio que han permanecido largo tiempo en la oscuridad, y también en el nitrato de uranio *fundido*, en donde uno hubiese supuesto que cualquier efecto a una exposición previa hubiese sido destruido al someter a la sal a fusión (la denominada fusión acuosa). Parece ciertamente como si la exposición previa a los rayos de refrangibilidad elevada, o a los rayos X, no era esencial, sino que los rayos de Becquerel se emitían como resultado de la agitación que tiene lugar a temperaturas ordinarias. Naturalmente, es bien conocido —[John] Canton lo demostró hace un siglo o más— que el fósforo, hasta que cesa de brillar después de su exposición, emite luz cuando se calienta, aunque ésta se gasta entonces y el fósforo no la mostrará de nuevo sin una nueva exposición. Y si el uranio, que ha permanecido tanto tiempo en la oscuridad, descarga un cuerpo

> electrificado sólo con la condición de que el uranio se caliente un poquito, uno puede bien creer que ha producido el efecto sólo como consecuencia de una exposición previa. Pero entiendo que la condición en que se encontraba el uranio de la prueba era en la de haber permanecido en un cajón en la oscuridad.
>
> Supongamos que el uranio se ve expuesto a rayos de elevada refrangibilidad, y que después de estar así un minuto se prueba su poder de descarga. ¿Actúa en este caso con más vigor que cuando había sido sacado de su cajón sin haber sido expuesto? La fosforescencia de los compuestos de uranio, a diferencia de la de diversos sulfuros, se hace indetectable en una fracción extremadamente pequeña de segundo, después de que haya cesado su exposición. ¿Qué dice este experimento respecto al efecto un minuto o dos después de la exposición comparado con la actividad del uranio cuando simplemente ha permanecido en el cajón?

Y, es mi último ejemplo, el 19 de abril de 1897 Stokes volvía a escribir a Kelvin, añadiendo en una posdata: «Estoy bastante seguro de que los rayos de Becquerel son vibraciones de considerable irregularidad, que llegan en series que no son lo suficientemente largas como para tener las propiedades de las vibraciones armónicas». Estaba completamente equivocado.

Lo que se deduce de estos intercambios entre dos gigantes de la física de su tiempo es lo difícil que resultaba entender el nuevo fenómeno de la radiactividad, algo no sorprendente y que únicamente se pudo lograr con base en una física, la cuántica, que todavía estaba por llegar. ¿Cómo era posible que unos elementos emitieran radiaciones de manera continua sin, en apariencia, perder masa?

28
LA DURA JUVENTUD DE MARIE SKLODOWSKA*

En el anterior capítulo hemos visto cómo Becquerel descubrió la radiactividad, pero en este campo el gran nombre es el de Marie Curie, una mujer, una científica, cuya vida y obra es obligado recordar. Veamos algo de su biografía.

Marie Sklodowska (1867-1934) nació en Varsovia, donde su padre, Wladyslaw Sklodowski, era profesor de matemáticas y de física en un liceo de esa ciudad, mientras que su madre, Bronislawa (Boguska de soltera), dirigía una escuela de muchachas. Fue la última de los cinco hijos del matrimonio. Jozef, el único varón, llegó a ser un médico distinguido del hospital del Niño Jesús de Varsovia. La mayor de sus hermanas, Zofia, murió joven (en 1876, con catorce años) de tifus; la segunda, Bronislawa (Bronia), escogió también la carrera médica y estudió en París, con la ayuda, como veremos enseguida, de Marie. En París, Bronia se casó con otro estudiante polaco de Medicina, Kazimierz Dluski, diez años mayor que ella y antiguo defensor radical del socialismo revolucionario (tuvo que salir de Polonia, acusado de complicidad en el atentado contra Alejandro II, y se instaló durante algún tiempo en Ginebra). Con él, más tarde fundaría, y dirigiría, un importante sanatorio en los Cárpatos; después del fallecimiento de su esposo, y siguiendo los deseos de Marie, se consagró a la creación del Instituto del Radio Marie Sklodowska-Curie de Varsovia. La tercera, Helena, o Hela (Szalay, de casada), elegiría la profesión de sus padres: profesora.

En 1878, cuando tenía nueve años, Marie perdió a su madre. «Esta catástrofe —escribió muchos años después en su autobiografía— fue el primer gran sufrimiento de mi vida y me sumió en una profunda depresión. […] Tuvo una influencia extraordinaria en mí, ya que no sólo la amaba como cualquier niña pequeña a su madre, sino que además la admiraba apasionadamente.»



Marie Curie.
© Science Source/Album

La Polonia en la que creció Marie estaba sometida a Rusia. Pero los polacos no aceptaban semejante situación con indiferencia; de hecho, cuando nació Marie todavía estaba fresca la memoria del último intento de insurrección, llevado a cabo en 1863, intento que terminó dieciocho meses más tarde con el ahorcamiento de los jefes insurgentes. La futura científica no fue ajena a aquella atmósfera nacionalista, que buscaba cualquier posible mecanismo de resistencia para mantener la autoafirmación nacional. Así, participó en actividades clandestinas «progresistas y anticlericales» de movimientos nacionalistas universitarios, un comportamiento que tenía precedentes en su familia: su abuelo Jozef tomó, en 1830, las armas contra Nicolás I, zar de todas las Rusias y rey de Polonia. Marie Sklodowska fue sin duda una patriota polaca toda su vida, no importa dónde estuviese o qué hiciese.

Marie finalizó sus estudios de secundaria a la edad de quince años y fue siempre la primera de su clase. Sin embargo, tuvo que pasar un año en el campo, en casa de un tío suyo, notario en Skalbmierz, cerca de la frontera de Galitzia, para recuperarse de lo que los médicos denominaron «depresión nerviosa», aunque en su opinión la razón había sido «la fatiga debida al crecimiento y a los estudios». Cuando regresó a Varsovia esperaba poder enseñar en alguna escuela «libre» (es decir, en la que sobreviviese el espíritu polaco), pero «circunstancias familiares me obligaron a cambiar mis planes. Mi padre, anciano y

fatigado, necesitaba reposo, pero su fortuna era muy modesta, así que acepté un puesto de institutriz de varios niños. Fue así como, con apenas diecisiete años, abandoné la casa de mi padre para iniciar una vida independiente».

Las «circunstancias familiares» a las que se refería tenían que ver con la situación profesional y económica de su padre. El problema fue que un día de 1883, al regresar de sus vacaciones, Wladyslaw Sklodowski se encontró con una nota de la directora, rusa, de su colegio en la que le notificaba que dejaba de ser subinspector, por lo que perdió el alojamiento gratuito que conllevaba el cargo y la mitad de su salario. La razón esgrimida era que encontraba demasiado tibio su celo como investigador. Se suele decir que las desgracias nunca vienen solas. El caso de la familia Sklodowski confirma esa supuesta regla: Wladyslaw confió a un cuñado todos sus ahorros (30.000 rublos) con la esperanza de que los multiplicase en una inversión, que debía ser más especulación que otra cosa. El resultado fue que los perdió.

La nueva situación en que se encontró la familia Sklodowski hacía imposible que todos los hijos pudiesen cursar carreras universitarias. Ni aun admitiendo, como se hizo, huéspedes en la nueva casa a la que se trasladaron. Así, Marie tuvo que dejar su habitación y dormir en el salón, el mismo lugar en el que por la mañana los huéspedes (niños —hasta diez —antiguos alumnos de su padre) debían tomar el desayuno. Todo esto no significaba que abandonase la esperanza de cursar estudios superiores: «Había oído que algunas mujeres habían logrado cursar estudios en San Petersburgo o en el extranjero, y me propuse

estudiar por mi cuenta para seguir su ejemplo». Quería estudiar matemáticas y física en París.

Inicialmente dio clases particulares, pero enseguida optó por trabajar como institutriz. Su primer empleo de este tipo fue con la familia de un abogado, con la que nunca congenió. En la biografía (todo un éxito de ventas) que una de sus hijas, Ève, escribió sobre ella, se encuentra un documento que refleja este hecho, así como otros muchos que permiten hacerse idea de la vida que llevó durante sus años de institutriz.

El 10 de diciembre de 1885, poco después de haber accedido a aquel primer empleo como institutriz, Marie escribía a su prima Henrietta Michalowska:

> Querida Henrika:
>
> Desde que nos separamos mi existencia ha sido la de una prisionera. Como sabes, me coloqué en casa de los B., la familia de un abogado. Ni a mi peor enemigo desearía que viva en tal infierno. Mis relaciones con la señora B. llegaron a ser tan frías que, no pudiéndola soportar, se lo dije. Y como ella era exactamente tan entusiasta de mí como yo de ella, nos hemos entendido a las mil maravillas.
>
> Es una de esas familias ricas en donde, cuando hay gente, se habla francés, «un francés de camareros», y en donde no se pagan las facturas en seis meses, y, no obstante, se tira el dinero por la ventana, mientras se economiza avaramente el petróleo de las lámparas. Tienen cinco criados, pasan por ser generosos y liberales y, en realidad, están dominados por el más sombrío embrutecimiento. En fin, bajo el tono más relamido, se murmura cruelmente de todo el mundo, no dejando a nadie a salvo.

No es sorprendente que, en esas circunstancias, Marie no permaneciese mucho en aquel entorno. En enero de 1886 fue contratada por la familia de M. Zorawski, administrador de las tierras del príncipe

Czartoryski, en Szczuki, cerca de Pzasnysz, a unos 90 kilómetros al norte de Varsovia. He aquí cómo describía a Henrietta, el 5 de abril de 1886, la vida que llevaba en su nuevo empleo:

> Vivo como se tiene por costumbre vivir en mi posición. Doy mis clases, leo un poco, no mucho, ya que la llegada de nuevos invitados altera constantemente el empleo del tiempo normal de mi vida. A veces, esto me irrita mucho, pues mi Andzia (diez años) es de esa especie de niños que aprovechan con entusiasmo cualquier interrupción de trabajo y luego no hay ningún medio de volverle a la razón. Hoy hemos tenido una nueva escena porque no quería levantarse a la hora habitual. Por fin, me he visto obligada a agarrarla tranquilamente de la mano y tirarla de la cama. Hervía dentro de mí. No te puedes imaginar lo que me perjudican estas pequeñas cosas. Una tontería semejante me pone enferma horas y horas. Pero era necesario que yo dijera la última palabra. […]
>
> ¿La conversación en sociedad? Chismes y más chismes. Los únicos temas de conversación son los vecinos, los bailes, las reuniones, *etc.* Por lo que al baile se refiere, habría que ir muy lejos en busca de mejores bailarinas que estas jóvenes. Todas ellas bailan a la perfección. No son malas criaturas; algunas, incluso son inteligentes, pero su educación no ha desarrollado su espíritu y las fiestas de acá, insensatas e incesantes, han acabado de disipar sus ideas. En cuanto a los muchachos, hay muy pocos que sean amables y menos aún inteligentes. Para las unas y para los otros, palabras tales como «positivismo», «cuestión obrera», etcétera, son verdaderas «bestias negras», suponiendo que las hayan oído pronunciar alguna vez, lo cual sería una excepción. El señor Z. [Zorawski] es un hombre a la antigua, pero lleno de buen sentido, simpático y razonable. Su mujer es un poco difícil de tratar, pero en cuanto se sabe conducirla, incluso es simpática. Llego a creer que me estima bastante.
>
> ¡Si vieras qué conducta ejemplar tengo! Voy a la iglesia cada domingo y días de fiesta, sin invocar jamás un dolor de cabeza o una «gripe» para quedarme en la casa. No hablo casi nunca de la educación superior de las mujeres. Y, de una manera general, observo en mis propósitos la discreción que mi obligada condición me impone.
>
> Por Pascua iré a Varsovia algunos días. Todo salta en mí de alegría ante esta idea, y penosamente retengo salvajes gritos de

entusiasmo.

Si hay un rasgo evidente en la personalidad de Marie Curie ése fue el ascetismo. Su misma indumentaria fue, por encima de modas o circunstancias concretas, una manifestación de la espartana forma en que entendía la vida, forma que también constituyó una de las notas más características de quien sería su marido, Pierre Curie. Ahora bien, como en casi todo aquello que se refiere a la personalidad, es difícil, si no imposible, saber si semejante característica respondía a un rasgo congénito o si, simplemente, se fue haciendo, moldeando, a lo largo de su juventud, el período que habitualmente marca los aspectos centrales de la personalidad definitiva de una persona. En favor de esta última posibilidad se encuentran las duras circunstancias que tuvo que soportar Marie durante sus años de institutriz. Otra carta que escribió a Henrietta, en diciembre de 1886, muestra la dureza de su vida de aquella época y con qué tristeza vislumbraba el futuro que podía esperarla, lo que no impedía que continuase esforzándose por ampliar su educación:

> He adquirido la costumbre de levantarme a las seis de la mañana, para poder trabajar más, pero no puedo hacerlo siempre. Un anciano, muy simpático, padrino de Andzia, pasa una temporada aquí en este momento, y, a pedido de la señora Z., he tenido que rogarla, para distraerle, que le deje enseñarme a jugar al ajedrez. También es necesario que sea la cuarta en los juegos de naipes, y esto me quita tiempo para mis estudios.
>
> Leo en este momento:
>
> (I) La física de Daniell, de la que he leído ya el primer tomo.
>
> (II) La sociología de Spencer, en francés.
>
> (III) Las lecciones de anatomía y de fisiología de Paul Bers, en

ruso.

Leo muchas cosas a la vez; el estudio seguido de una sola materia podría fatigar mi cerebro, ya bastante cansado. Cuando me siento absolutamente inepta para leer con provecho, resuelvo problemas de álgebra y de trigonometría, que no soportan faltas de atención y que me devuelven al buen camino. […]

¿Mis planes para el porvenir? No tengo, o, mejor dicho, son tan corrientes y simples que no vale la pena hablar de ellos. Espabilarme tanto como pueda y cuando no pueda más, decir adiós a este bajo mundo. El perjuicio será pequeño y los pesares que dejaré muy relativos.

Tales son actualmente mis únicos proyectos. Algunas gentes pretenden que, a pesar de todo, es necesario que pase por esta clase de fiebre que se llama amor. Esto no entra en absoluto en mis planes. Si antes los pude tener, han volado como el humo y los he enterrado, encerrado, escondido u olvidado; no ignoras que los muros son siempre más fuertes que las cabezas que intentan derrumbarlos.

Las anteriores frases acerca del amor se deben entender por el desengaño que supuso para Marie que el hijo mayor de sus patrones, Kazimierz, apenas unos meses mayor que la futura científica, se enamorara de ella cuando regresó de Varsovia (donde estudiaba Matemáticas) para pasar primero unos días de fiesta y después las vacaciones de verano. Hablaron incluso de casarse, pero cuando los padres de él se enteraron les pareció una idea absurda, y él cedió pronto.

En una situación tan difícil como aquélla, en un entorno físico de gran dureza, permaneció Marie Sklodowska hasta 1889. La desesperación en que llegó a sumirse aparece con claridad en la siguiente carta, de nuevo a Henrietta, del 25 de noviembre de 1888:

He caído en una negra melancolía, ya que los compañeros cotidianos son los espantosos vientos del oeste, salpicados de lluvia, de inundaciones y de barro. El cielo es hoy un poco más clemente, pero el viento ruge en el atrio. No hay sombra de hielo

y los patines cuelgan tristemente en el armario. Tú ignoras, sin duda alguna, que en nuestro rincón provinciano el hielo y las ventajas que aporta tienen para nosotros, por lo menos, tanta importancia como una discusión entre conservadores y progresistas en tu Galitzia.

No lo interpretes como que tus relatos me aburran. ¡Al contrario, es una verdadera satisfacción para mí saber que existen comarcas geográficas donde las gentes se agitan e incluso piensan! Mientras tú vives en el centro del movimiento, mi existencia se asemeja extrañamente a una de esas linazas que codician las aguas que bañan nuestras riberas. Felizmente, espero salir pronto de este letargo.

Me pregunto si, al verme de nuevo, juzgarás que los años que acabo de pasar entre estos seres me han hecho bien o mal. Todo el mundo dice que durante mi permanencia en Szczuki he cambiado mucho física y moralmente. No me sorprendería. ¡Apenas tenía dieciocho años cuando llegué aquí, y qué será lo que no haya padecido! ¡Ha habido momentos que contaré entre los más crueles de mi vida! Siento muchas cosas violentamente, con una violencia física, y luego me sacudo, el vigor de mi naturaleza se remonta de nuevo y me parece que salgo de una pesadilla. Primer principio: no dejarse abatir ni por los seres ni por los acontecimientos.

Cuento las horas y los días que me separan de mi viaje hacia los míos. También, la necesidad de nuevas impresiones, de cambio de vida y de movimiento, me atenaza por momentos con tal fuerza que tengo deseos de cometer las más grandes locuras a fin de que mi vida no sea eternamente igual. Felizmente, tengo tanto trabajo que estos accesos me dominan raramente.

Es mi último año de estar aquí. Es necesario que me esfuerce para que los exámenes de los niños salgan bien.

En la Pascua de 1889 Marie abandonó el hogar de Zorawski. Por entonces ya sabía que su hermana Bronia tenía intención de casarse con el ya mencionado compañero de estudios Kazimierz Dluski. Este hecho no implicaba todavía ninguna modificación en las obligaciones de Marie, quien encontró un nuevo empleo, también como institutriz, aunque esta vez cerca de su padre, en Varsovia. Pero Bronia no había olvidado el pacto con su hermana, y en marzo de 1890

escribía a Marie:

> Si todo marcha como esperamos, podré casarme durante las vacaciones. Mi novio ya será doctor y yo no he de hacer más que mi último examen. Nos quedaremos todavía un año en París, durante el cual terminaré mis exámenes, y luego iremos a Polonia. No veo nada en nuestros proyectos que no sea razonable. Dime tú misma si no tengo razón. Recuerda que tengo veinticuatro años, ¡que no son nada!, pero que él tiene treinta y cuatro, lo cual ya es más grave. Sería absurdo esperar más tiempo.
>
> Y ahora tú, querida Mania. Es necesario que hagas algo de tu vida. Si reúnes este año algunos centenares de rublos, el año próximo podrás venir a París y vivir con nosotros, en donde tendrás cama y comida. Es necesario, de todas maneras, que tengas esos centenares de rublos para la inscripción en la Sorbona. El primer año vivirás con nosotros. Para el segundo y el tercero, cuando nosotros no estemos, creo que papá podrá ayudarte.
>
> Es necesario que tomes esta decisión. Hace demasiado tiempo que esperas. Te garantizo que en dos años te licenciarás. Piénsalo y ahorra dinero, ponlo en lugar seguro *y no lo prestes*. Acaso será preferible que lo vayas convirtiendo en francos, pues el cambio es bueno ahora y más tarde puede bajar.

Marie, no obstante, dudaba. En este sentido, el 12 de marzo de 1890 escribía a Bronia:

> Querida Bronia:
>
> He sido tonta, soy tonta y seguiré siendo tonta durante todos los años de mi vida, o mejor aún, para decirlo en estilo corriente: no he tenido nunca, no tengo y no tendré jamás suerte.
>
> Había soñado con París como la redención, pero desde hace mucho la esperanza del viaje me ha abandonado. Y ahora que esta posibilidad se me ofrece, no sé qué hacer. [...]
>
> Tengo miedo de hablar a papá. Creo que nuestro proyecto de vivir juntos el año próximo le ha llegado al corazón y que está seguro de que será así. Quisiera darle un poco de felicidad en su vejez. Por otra parte, se me parte el corazón cuando pienso en mis aptitudes perdidas y que, de todas maneras, algo deben valer. También hay de por medio la promesa que le he hecho a Hela

> [enamorada por entonces y que trabajaba en provincias] de tenerla en casa dentro de un año y de buscarle una situación en Varsovia. Tú no puedes saber la pena que me da. Siempre será la pequeña de la casa, y siento que mi deber es velar por ella; ¡la necesito tanto!

Las dudas, la indecisión, de Marie no desaparecieron fácilmente. Todavía se quedó un año más en Varsovia. Ahora bien, durante los más de dos años que permaneció en su ciudad natal después de abandonar su empleo con los Zorawski, Marie pudo acceder, por primera vez en su vida, a un auténtico laboratorio: el de un primo suyo catorce años mayor que ella, Józef Boguski, que había regresado a Polonia después de estudiar en Rusia con Mendeleiev y que era entonces director del laboratorio de una institución privada llamada Museo de Industria y Agricultura. Fundado en 1875, con el apoyo de los terratenientes e industriales más ricos de Polonia, aquel museo tenía como objetivo el «desarrollo científico de la agricultura e industria», para lo cual pronto estableció un modesto laboratorio de química. Allí, al igual que otros grupos de entusiastas y patriotas jóvenes polacos que se reunían para ampliar sus conocimientos, Marie se fue preparando y convenciéndose a sí misma de que podía y debía ir a estudiar a París, la «ciudad de la libertad y la ciencia» para tantos polacos de aquella época.

Finalmente, a principios de noviembre de 1891, con veintitrés años, Marie Sklodowska tomaba un tren en la estación de Viena de Varsovia. Su destino: la Gare du Nord de París. Y la Sorbona, por supuesto. Allí cambiaría su vida.

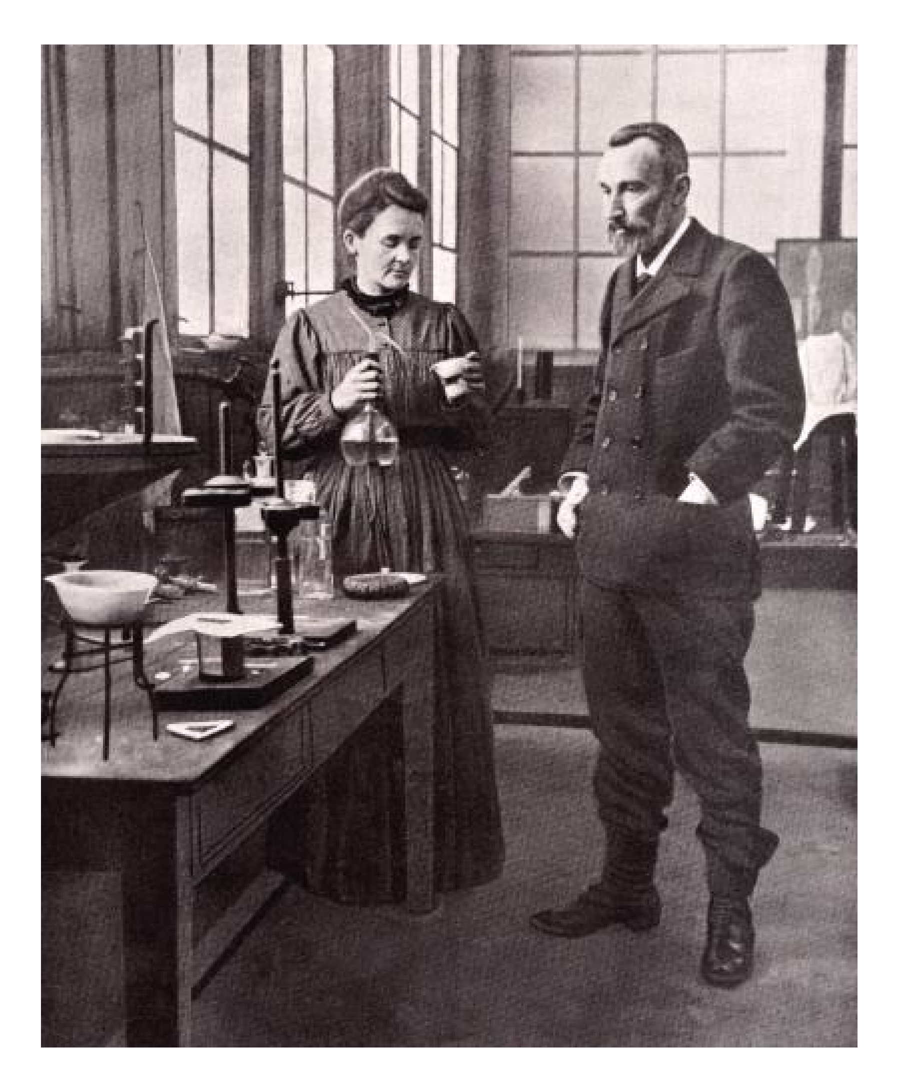
29
MARIE Y PIERRE CURIE: LA PECHBLENDA Y EL PREMIO NOBEL*

Henri Becquerel descubrió la radiactividad, como hemos visto, pero no fue él quien más hizo por convertir el nuevo fenómeno en un activo campo de investigación física, sino una joven polaca, Marii Sklodowska, que, como acabamos de ver, llegó a París en noviembre de 1891 para estudiar en la Sorbona, donde obtuvo (1893) la *licence ès sciences* (fue la primera de su promoción) y, al año siguiente, la *licence ès mathématiques*. Ese mismo año, 1894, conoció a Pierre Curie (1859-1906), quien entonces ocupaba el modesto puesto de *préparateur* de Física en la École Municipale de Physique et de Chimie Industrielles de la ciudad de París, creada poco tiempo antes con la intención de formar, a lo largo de tres cursos, a profesionales para la industria. Se trataba de un centro educativo de nivel no demasiado elevado, lejos del prestigio de las grandes Écoles y, por supuesto, de la Sorbona. El 26 de julio de 1895, Marie contrajo matrimonio (civil) con Pierre. Se convirtió así en Marie Curie, el nombre por el que sería conocida universalmente.

La búsqueda de muestras de pechblenda

Casada y licenciada, Marie decidió doctorarse. Buscando un tema de tesis, en 1897 se fijó en el descubrimiento de la radiactividad, la capacidad del uranio de emitir radiaciones de forma aparentemente inagotable. Seguramente a su interés contribuyó la

proximidad de su descubridor: Becquerel, que era catedrático del Museo de Historia Natural de París. Marie Curie recordó en su autobiografía:



Marie y Pierre Curie en su laboratorio.

> Mi atención se había visto atraída por los interesantes experimentos de Henri Becquerel con las sales del raro metal uranio [...]. Mi marido y yo estábamos muy excitados por este nuevo fenómeno, y decidí emprender un estudio especial de él. Me parecía que lo primero que había que hacer era medir el

> fenómeno con precisión. Para ello decidí utilizar la propiedad de los rayos que les permitían descargar un electroscopio. Sin embargo, en lugar del electroscopio habitual, utilicé un aparato más perfecto.

Se refería al electroscopio de cuarzo piezoeléctrico —un instrumento que se basaba en el fenómeno de la piezoelectricidad (electricidad producida debido a presiones)— e inventado en 1891 por Pierre y su hermano Jacques.

El primer producto de sus investigaciones fue un artículo («Rayos emitidos por los compuestos de uranio y de torio») que el 12 de abril de 1898 Gabriel Lippman presentó a la Académie des Sciences para que se publicase en las *Comptes Rendus*. En una nota a pie de página, Marie Curie explicaba:

> El uranio empleado en este estudio ha sido proporcionado por el Sr. Moissan. Las sales y óxidos, productos puros, provienen del laboratorio del Sr. Étard en la École de Physique et Chimie. El Sr. Lacroix ha tenido la gentileza de suministrarme algunas muestras de minerales de procedencia conocida, de la colección del Museo. Algunos óxidos raros y puros me han sido dados por el Sr. Demarçay. Agradezco a estos señores su gentileza.

Esta nota muestra la imperiosa necesidad que tenía Marie Curie de materiales, para sus investigaciones, que contuviesen compuestos de uranio. Un resultado inesperado de sus primeros ensayos fue que la pechblenda (una variedad de uraninita, que es rica en uranio) y la chalcolita (fosfato de cobre y uranio) eran mucho más activos que el propio uranio o el torio, otro elemento que exhibía radiactividad. Esta circunstancia llevó a Marie a pensar que los minerales con que trabajaba podrían

contener un elemento mucho más radiactivo que esos otros elementos. Tenía, por consiguiente, que intentar aislar el o los elementos que creía haber detectado indirectamente. Pero la tarea parecía demasiado exigente para ella sola, así que solicitó la ayuda de su marido, un maestro consumado en el manejo del electrómetro piezoeléctrico (como al principio desconocían las propiedades de la sustancia que buscaban, únicamente que emitía radiación, se tuvieron que basar sobre todo en la ionización, y en la corriente eléctrica que producía esa radiación, tarea para la que era imprescindible el electrómetro). Y Pierre aceptó interrumpir las investigaciones que él estaba realizando con cristales.

Fue Pierre Curie quien se ocupó de intentar obtener suficientes muestras de minerales para proceder con la investigación, pues las que Marie había utilizado no bastaban y no había más en París. Después de intentarlo en Inglaterra e incluso en el Servicio Geológico de Estados Unidos, en Washington D. C., entró en contacto con las minas austríacas de Sankt Joachimsthal, por entonces la única mina europea que explotaba la pechblenda, que era tratada para, con el uranio que contenía, producir colores (el verde, principalmente) que se utilizaban en las industrias del vidrio y la cerámica. Lo que los Curie deseaban era obtener residuos ya no utilizables para esas industrias, pero que aún deberían contener productos radiactivos, incluidos los procedentes de la desintegración del uranio. Sin embargo, no fue fácil conseguir la colaboración de Sankt Joachimsthal, como se comprueba en la carta que, desde la administración de la mina, envió Frank Babanek, consejero imperial y real de Minas, a Pierre en

respuesta a una anterior de éste, la primera datada el 4 de octubre de 1898:

> Querido señor:
> Disponiendo de su preciosa carta del 29 de septiembre, tengo el honor de adjuntarle una muestra de residuos del tratamiento del mineral de uranio de 5 kg de peso para que investigue si contienen metales desconocidos, pero precisando que este residuo procede de la uraninita que contiene en ocasiones pequeñas cantidades de sulfuro de plomo.
> Le enviamos esta muestra gratuitamente y nos agradaría, si ésta le sirviera, y nos permitimos pedirle, lo más educadamente posible, si quisieran hacernos partícipes, a su conveniencia, de los resultados. Si tienen éxito encontrando en esta muestra el metal desconocido y si desean repetir el experimento con una cantidad más grande de residuos, podríamos, con la autoridad de nuestro superior, suministrarles una muestra parecida a un precio conveniente.

Pierre respondió el 16 de octubre, pero no se conoce su contestación, sí la de Babanek del 20 de octubre. En ella le decía:

> Podríamos enviarle más tarde una cantidad mayor de residuos, pero no se puede confirmar provisionalmente el precio. No lo podríamos hacer más que después de conocer el valor de los metales raros contenidos en los residuos, lo que tendrá un efecto decisivo en el precio de nuestro producto.
> No podemos darle información en lo que concierne a la producción del color, puesto que esto es un secreto profesional y lamentamos no poder enviarle los productos intermediarios para el tratamiento de los residuos. Sin embargo, si nos precisa el proceso químico de la investigación sobre vuestro metal, podríamos examinar aquí algunos residuos y hacerle saber, con la autorización de nuestro superior, el resultado.

La muestra inicial de 5 kg que recibieron de la mina austríaca sirvió a los Curie para detectar un nuevo elemento radiactivo, al que denominaron

polonio, en homenaje a la patria de Marie. Sin embargo, para proseguir su investigación necesitaban una cantidad mayor de residuos y, para tratar de superar las dificultades que estaban encontrando en su comunicación directa con la administración de la mina, se dirigieron al embajador de Francia en Viena. La carta, firmada por Pierre y Marie Curie y fechada el 1 de noviembre de 1898, decía lo siguiente:

> El Sr. y la Sra. Curie piensan haber descubierto en el mineral de uranio un nuevo metal, que han llamado polonio (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 18 de julio 1898). Piensan que este metal debería encontrarse en los residuos del tratamiento del mineral de uranio. En efecto, han descubierto que un residuo de 5 kg de peso que han recibido como muestra de la administración de Minas de Joachimsthal contiene polonio en mayor cantidad que el mineral original.
>
> El Sr. y la Sra. Curie reconocieron la presencia del polonio por un medio físico y buscan establecer el método químico para extraer este nuevo metal y purificarlo. Para este fin, desearían recibir una cantidad más grande de muestras. Necesitan entre 30 y 100 kg. También desearían recibir muestras de otros residuos de fabricación y de productos de sublimación.
>
> La administración de Minas y de la industria de Joachimsthal piensan que no pueden cumplir con esta petición. El Sr. y la Sr. Curie solicitan una mediación favorable en este asunto. El propósito de sus investigaciones es exclusivamente científico y la fábrica de uranio de Joachimsthalse se beneficiará de estas investigaciones vendiendo o explotando estos residuos actualmente sin valor. El Sr. y la Sra. Curie solicitan por tanto que la administración de Joachimsthal se preste a facilitar sus investigaciones.

Leyendo el artículo al que se referían, «Sobre una nueva sustancia radiactiva contenida en la pechblenda», queda claro que, aunque se habían atrevido a bautizar el nuevo elemento, no estaban completamente seguros de su existencia (los análisis

espectrográficos realizados por Eugène Demarçay no permitían identificar el elemento). Por eso necesitaban la cantidad que solicitaban a Sankt Joachimsthal, que finalmente recibieron, aunque no gracias a la intervención del embajador francés, sino a la del geólogo austríaco Eduard Suess. Suess era profesor de la Universidad de Viena y fue presidente de la Academia Austríaca de Ciencias desde 1898 hasta 1911. A éste le había solicitado ayuda el ingeniero de minas Auguste Michel-Lévy, miembro de la Académie des Sciences, que era director del servicio Mapa Geológico de Francia desde 1887 e inspector general de Minas en 1898. El 10 de noviembre, Lévy escribía a Suess lo siguiente:

> Mi querido maestro:
>
> Dos sabios franceses, el Sr. y la Sra. Curie (el Sr. Curie ya ha producido trabajos muy apreciados en mineralogía y en física) tienen necesidad de una cierta cantidad de residuos de pechblenda para continuar sus trabajos *puramente científicos* sobre un nuevo metal, el polonio, cuyas propiedades radio-ópticas son muy sorprendentes.
>
> Después de haber obtenido fácilmente del señor consejero imperial y real de Minas, Babanek de Joachimsthal, 5 kg de estos residuos, han recibido una segunda carta equivalente a una negación para el futuro.
>
> Teniendo en cuenta el interés científico de las investigaciones del Sr. y la Sra. Curie, investigaciones que incluso ulteriormente podrían conducir a la utilización industrial de desechos que actualmente no se aprovechan, me atrevo a pedirle si no podría obtener que el Ministerio de Minas apoyase a estos sabios.

Cuatro días después de la anterior carta, Suess escribía a Lévy: «EN CAMINO 100 KILOS GRATIS». Inmediatamente Lévy se la reenviaba a Pierre Curie, anotando: «Querido señor: Vea que su nuevo metal está en camino hacia París. Convendría que dirigiera

su agradecimiento al Sr. Suess».

Analizando los 100 kg enviados desde Austria, tarea para la que necesitaron la ayuda de Gustave Bémont (1857-1932) —químico por entonces jefe de los trabajos de química mineralógica en la École Municipale de Physique et Chimie Industrielles—, encontraron un nuevo elemento radiactivo, al que pusieron el nombre de «radio», que poseía una actividad novecientas veces la del uranio (la del polonio era cuatrocientas veces). El 26 de diciembre anunciaron el descubrimiento, presentando a la Académie un artículo (firmado por Marie y Pierre Curie y Bémont) titulado «Sobre una nueva sustancia fuertemente radiactiva, contenida en la pechblenda». Al final de él, añadieron la siguiente nota:

> Que nos sea permitido agradecer aquí al Sr. Suess, correspondiente del Instituto [de Francia], profesor en la Universidad de Viena. Gracias a su bienvenida intervención, hemos obtenido del Gobierno austríaco, a título gratuito, 100 kg de residuos del tratamiento de la pechblenda en Joachimsthal, no conteniendo ya uranio, pero sí polonio y radio. Este envío facilitará mucho nuestras investigaciones.

Quedaba así completada la investigación que constituyó el mayor éxito en la carrera científica de Marie y Pierre Curie, y un resultado que, además, consolidó el interés que poseía el nuevo fenómeno físico descubierto por Becquerel.

El Premio Nobel

Una forma de medir el reconocimiento que tiene un descubrimiento científico es a través del Premio Nobel (de Física, de Química o de Medicina o Fisiología). En

1974, la Fundación Nobel relajó la exigencia de sus estatutos de que las deliberaciones relativas a la concesión de los premios permaneciesen secretas y autorizó el acceso a sus archivos para propósitos de investigación histórica; la restricción era que los documentos en cuestión tuvieran al menos medio siglo de antigüedad. Gracias a esta apertura es posible conocer las propuestas que se recibieron. (En cualquier caso, las elecciones recaen en última instancia en las academias suecas, no siendo las propuestas recibidas vinculantes.)

Sabemos que el matemático sueco Gösta Mittag-Leffler (1846-1927), una figura destacada en la comunidad matemática internacional de la época, desempeñó un papel destacado en que Marie Curie fuese premiada. Si hubiese sido por las propuestas recibidas, su elección hubiese sido dudosa, máxime cuando en una carta tres miembros de la Académie des Sciences, Henri Poincaré, Eleuthère Mascart, Gaston Darboux (los tres miembros extranjeros de la Academia sueca), y Gabriel Lippmann, que habían sido invitados aquel año a realizar propuestas, junto con otros dieciséis académicos que no tenían facultad para presentar candidaturas, proponían la candidatura de Becquerel y Pierre Curie. Marie Curie quedaba al margen de la propuesta francesa.

La carta en cuestión es larga, pero contenía pasajes como los siguientes:

> Uno de los descubrimientos más importantes que se han hecho en Física en los últimos años es el de la radiactividad de la materia. Se trata, en efecto, de un hecho absolutamente nuevo y que toca a la vez a las propiedades más íntimas de la materia y del éter. El que conserve todavía tal misterio no constituye sino una razón más para esperar que producirá aún descubrimientos interesantes

> e inesperados.
>
> Este descubrimiento es debido a los Sres. Becquerel y Curie.
>
> Después del descubrimiento de los rayos X, el Sr. Becquerel tuvo la idea de buscar si los cuerpos fosforescentes emitían radiaciones análogas [...].
>
> En 1898, el Sr. Curie se ocupó a su vez de esta cuestión y estudió diferentes minerales de uranio y de torio, algunos de los cuales aparecieron dotados de una radiactividad particularmente intensa.

Y continuaban de manera parecida, siempre sin nombrar a Marie Curie. Solo Charles Bouchard propuso la candidatura conjunta de Becquerel y los dos Curie.

Sin embargo, Mittag-Leffler, uno de los pocos científicos de entonces que estimaban y animaban el trabajo de mujeres (era, como veremos en otro capítulo, amigo y protector de la matemática rusa Sofía Kovalevskaïa), no veía ningún motivo para que Marie fuera excluida de los premiados. En consecuencia, informó a Pierre, sin precisar los detalles («eran secretos»), de las iniciativas en curso. El 6 de agosto de 1903, éste le respondió:

> Ha sido usted muy amable al informarme de que he sido mencionado para el Premio Nobel. No sé si este ruido tiene mucha consistencia, pero en el caso de que fuese cierto que estoy siendo considerado seriamente, desearía mucho que se me considerase como solidario con la Sra. Curie en nuestras investigaciones sobre los cuerpos radiactivos. Es, en efecto, su primer trabajo el que ha determinado el descubrimiento de nuevos elementos y su parte es muy grande en este descubrimiento (también ha determinado el peso atómico del radio). Creo que el que estuviésemos separados en esta circunstancia sorprendería a mucha gente [...]. He enviado a Suecia la tesis de la Sra. Curie y pienso que ellos mismos verán que su parte es tan grande como la mía en este trabajo.

Por otra parte, el 8 de septiembre Mittag-Leffler escribía a Poincaré:

> Mi querido amigo:
> ¿Querría decirme sinceramente y de manera absolutamente confidencial su opinión sobre la cuestión siguiente? ¿Sería más justo otorgar el Premio Nobel de Física al Sr. y la Sra. Curie solos o repartir el premio entre Becquerel por un lado y los Curie por otro? ¿Puede indicarme al mismo tiempo las razones de su opinión?

En su respuesta, que no era coherente con la que había firmado junto a Mascart, Darboux y Lippmann, Poincaré decía: «Yo creo que lo más justo sería repartir el premio entre Becquerel y los Curie; porque, si los Curie son más finos y han avanzado más, Becquerel ha sido el iniciador».

Finalmente, el premio Nobel de Física de 1903 fue otorgado a los tres, la mitad a Becquerel y la otra, a Marie y Pierre Curie.

En 1901, el primer año en que se otorgaron los premios, ni Pierre ni Marie recibieron alguna nominación. Sí la tuvo Becquerel (lo propuso Marcelin Berthelot). El galardonado fue Röntgen, que fue propuesto por dieciséis personas. En 1902, Becquerel recibió tres cartas de apoyo, el mismo número que Pierre Curie, mientras que Marie sólo dos (Darboux y Warburg). Fueron galardonados Hendrik Lorentz (seis nominaciones) y Pieter Zeeman (una). En 1903, cuando la radiactividad fue premiada, Becquerel recibió seis propuestas (Berthelot, Bouchard, Darboux, Lippmann, Mascart y Poincaré); Pierre Curie, cinco (Darboux, Lippmann, Mascart, Poincaré y Bouchard), y Marie, una (Bouchard). A pesar de las diferencias en el número de propuestas, los tres recibieron el premio:

a Becquerel, «en reconocimiento a los extraordinarios servicios que ha prestado con su descubrimiento de la radiactividad espontánea», y a Pierre y Marie Curie, «en reconocimiento a los extraordinarios servicios que han prestado con sus investigaciones conjuntas sobre los fenómenos de radiación descubiertos por el profesor Becquerel».

Con el premio llegó la fama. El 31 de enero de 1904, el presidente de la República, Émile Loubet, y el ministro de Instrucción Pública, Joseph Chaumié, visitaban el laboratorio de los Curie y prometían nuevos locales. El rector de la Académie, Louis Liard, pedía al Parlamento que crease una cátedra en la Sorbona para Pierre Curie. El 1 de octubre del mismo año fue nombrado catedrático de la Facultad de Ciencias de la Sorbona. La cátedra que recibió se denominó «Física General y Radiactividad». En octubre de 1905, Pierre Curie era elegido para ocupar un lugar en la Académie des Sciences, la misma institución que en 1902 había preferido elegir a Émile Amagat, y no a Pierre, que también era candidato. En cuanto a Marie, los honores académicos que recibió fueron mucho más modestos: el 1 de noviembre de 1904 fue nombrada *chef des travaux* en el laboratorio de su marido en la Facultad de Ciencias (hasta entonces, y desde el 26 de octubre de 1900, ocupaba el puesto de *chargée des conférences* de Física de primer y segundo curso en la École Normale Supérieure de enseñanza secundaria para mujeres de Sèvres). Sin embargo, hasta finales de 1905 el laboratorio de los Curie no fue transferido de la École de Physique et Chimie a un anexo de la Facultad de Ciencias.

Ni Pierre ni Marie asistieron a la ceremonia de concesión de los premios en Estocolmo (los representó

el embajador de Francia). En una carta que enviaron el 19 de noviembre a Christer Aurivillius, secretario perpetuo de la Real Academia de Ciencias de Suecia, se justificaron argumentando que Pierre tenía que cumplir con sus deberes docentes y que Marie «ha estado enferma este verano y todavía no se ha recuperado del todo» (por entonces el viaje de París a la capital sueca duraba, en tren, cuarenta y ocho horas en cada sentido). Sin embargo, era preceptivo (y sigue siéndolo) que los galardonados pronunciasen una conferencia en Estocolmo. Pierre cumplió con semejante obligación el 6 de junio de 1905. Viajó con Marie, quien no pronunció conferencia alguna.

30
RUTHERFORD Y BOLTWOOD: CONFIDENCIAS «RADIACTIVAS»*

En los capítulos anteriores han aparecido la radiactividad y Marie Curie, a quien se debe que este fenómeno adquiriera una presencia e interés del que al principio careció. Una vez confirmada la relevancia de este nuevo campo científico, comenzaron a aparecer investigadores, físicos y químicos, que se dedicaron a estudiar las características de este fenómeno, comenzando, claro está, por la propia radiación que emitían los elementos químicos radiactivos. Y enseguida se comprobó que no se trataba de una única radiación, sino de tres diferentes, a las que se denominó α, β y γ (la primera resultó estar formada por núcleos de helio, la segunda eran electrones y la tercera, radiación electromagnética). Entre los científicos que estudiaron la radiactividad, el más destacado fue un joven neozelandés de nombre Ernest Rutherford (1871-1937), que desde septiembre de 1895 trabajaba con una beca en el laboratorio de J. J. Thomson (se había graduado en el Canterbury College de Christchurch, un pequeño centro que formaba parte de la Universidad de Nueva Zelanda y que entonces tenía un claustro de siete profesores para atender a 150 alumnos). Inicialmente, Rutherford colaboró con Thomson en el estudio de la ionización de gases debida a la exposición a rayos X, tema que él exploró después en solitario y amplió a las descargas producidas por la luz ultravioleta. Pero antes incluso —casi se podría decir que «inevitablemente»— del descubrimiento del polonio y el radio, que impulsaría

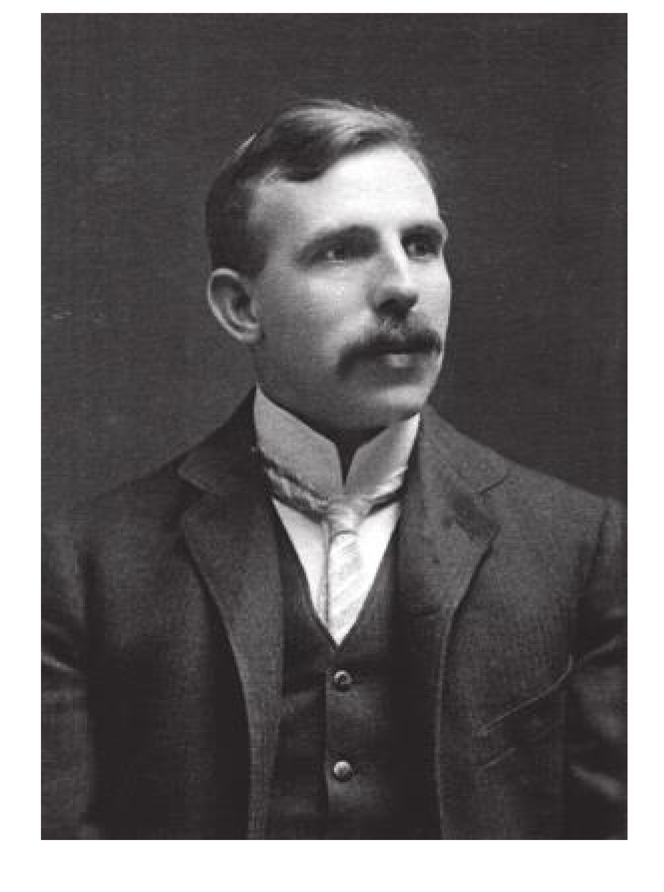
los estudios radiactivos, Rutherford se vio conducido a utilizar la nueva radiación emitida por el uranio, que también ionizaba a los gases. Su primera publicación en este campo apareció en 1899, cuando había abandonado Cambridge por la Universidad McGill de Montreal (Canadá); aquí obtuvo su primera cátedra, *McDonald Professor* de Física, aunque los experimentos que resumía los había realizado todavía en el Laboratorio Cavendish. En esa publicación explicaba que los experimentos que había llevado a cabo demostraban «que la radiación del uranio es compleja, y que al menos están presentes dos tipos distintos de radiación: una que es absorbida muy fácilmente, que por conveniencia será denominada radiación α, y la otra de un carácter mucho más penetrante, que será denominada radiación ß». De esta manera, Rutherford hizo su entrada real en el campo de la radiactividad, un dominio del que pasaría a ser el líder indiscutible. En sus memorias, Otto Hahn, el futuro descubridor de la fisión del uranio —permaneció con Rutherford en Montreal entre el otoño de 1905 y el verano de 1906, después de haber estado con William Ramsay en el University College de Londres—, señaló que Rutherford «era la única persona que tenía una comprensión real de la radiactividad y que vio su significado. Estar en el instituto de Rutherford significaba estar en el mejor lugar posible».

En Canadá, Rutherford descubrió nuevos aspectos de la radiactividad, mecanismos que subyacen en la producción de los fenómenos radiactivos (pronto habría que hablar de *transformaciones* o *desintegraciones*). En este apartado contó con la inestimable ayuda de Frederick Soddy (1877-1956), un joven químico de Oxford que llegó al

Departamento de Química de la Universidad McGill en la primavera de 1900.

Pese a los logros que Rutherford estaba obteniendo en Montreal, se daba cuenta de que se encontraba lejos de los centros de investigación más importantes y activos y deseaba volver a Europa, a Inglaterra especialmente. La ocasión le llegó en 1907, cuando Arthur Schuster (1851-1934) decidió que, si Rutherford aceptaba sustituirlo, se jubilaría antes de lo requerido de su cátedra en la Universidad de Mánchester (Victoria University se llamaba entonces), que llevaba asociada la dirección de un instituto de física. Rutherford aceptó, convirtiéndose en *Langsworthy Professor* de Física; ocuparía esta cátedra hasta 1919, cuando sustituyó a J. J. Thomson como *Cavendish professor*.

Un año antes de recibir la oferta de Mánchester, la Universidad de Yale había ofrecido a Rutherford otra similar, pero la rechazó, ya que lo que deseaba era regresar a Inglaterra. Si menciono esto es porque en Yale estudió, se doctoró, enseñó e investigó Bertram Borden Boltwood (1870-1927), a partir de 1910 como catedrático y director del primer departamento universitario de Radioquímica. Desde 1904, Boltwood se dedicó a estudiar los productos de la desintegración del radio, lo que le condujo a establecer una intensa relación epistolar con Rutherford que se convirtió en estrecha amistad. De esa correspondencia, he extraído algunos ejemplos.



Ernest Rutherford.

Textos sobre radiactividad

Cuando surge un nuevo campo científico, más pronto que tarde terminan publicándose libros que pretenden recopilar y explicar la situación en el campo en cuestión. Con la radiactividad sucedió también esto y no sorprende que Marie Curie fuera la autora de uno de esos textos, su *Traité de Radioactivité*, dos densos volúmenes de 426 y 548 páginas publicados en 1910. En la «Introducción» escribía:

Esta obra representa el conjunto de lecciones que durante estos

últimos años han constituido el curso de Radiactividad profesado en la Sorbona. La redacción de estas lecciones ha sido completada por algunos desarrollos que no habían podido encontrar lugar en la enseñanza.

El descubrimiento de la radiactividad es relativamente muy reciente, ya que se remonta solamente a 1896, año en el que las propiedades radiantes del uranio fueron puestas en evidencia por Henri Becquerel. Sin embargo, el desarrollo de esta ciencia ha sido extremadamente rápido, y entre los numerosos resultados obtenidos los hay cuyo alcance general es tan grande que la radiactividad constituye hoy una importante rama de las ciencias físico-químicas, con un dominio que le pertenece por derecho propio y que se encuentra definido con una especial nitidez.

E inmediatamente insistía en la conexión de la radiactividad con la física y la química:

Estrechamente ligada a la física y a la química, tomando prestado los métodos de trabajo de las dos ciencias, la radiactividad les da a cambio elementos de renovación. A la química le aporta un nuevo método de descubrimiento, la separación y el estudio de elementos químicos, el conocimiento de un cierto número de nuevos elementos con propiedades muy curiosas (en primer lugar el radio); en fin, la noción capital de la posibilidad de transformaciones atómicas en condiciones accesibles al control de la experiencia. A la física, y sobre todo a las teorías corpusculares modernas, le aporta un mundo de nuevos fenómenos, cuyo estudio es una fuente de progreso para estas teorías; se puede citar, por ejemplo, la emisión de partículas que transportan cargas eléctricas y que están dotadas de una velocidad considerable, cuyo movimiento ya no obedece a las leyes de la mecánica ordinaria, y a las cuales se pueden aplicar, con el fin de verificarlas y desarrollarlas, las recientes teorías relativas a la electricidad y a la materia.

Pero no se trataba únicamente de la física y la química. Para Marie Curie era muy importante hacer hincapié en la dimensión multidisciplinar de la radiactividad y en su creciente implantación como un nuevo campo de investigación:

> Por mucho que la radiactividad esté sobre todo en relación con la física y la química, no permanece, sin embargo, ajena a otros dominios científicos, y ha adquirido en ellos una creciente importancia. Los fenómenos radiactivos son tan variados, sus manifestaciones tan diversas y tan extendidas por el universo, que hay que tomarlos en consideración en los estudios de las ciencias naturales, y en particular en la fisiología y la terapia, en la meteorología, en la geología. Varios laboratorios científicos se consagran en la actualidad al estudio de la radiactividad; se están creando institutos para la centralización de cantidades relativamente importantes de radio, instrumento principal de investigaciones en el nuevo dominio, y en razón de estos esfuerzos la importancia del campo debe crecer todavía.

Y en este punto esbozaba la situación bibliográfica en el campo de la radiactividad:

> Yo había publicado en 1903 una pequeña obra titulada *Recherches sur les substances radioactives*, en la que se encontraba resumido el estado de la cuestión en aquella época. En 1905 apareció el excelente Tratado del profesor Rutherford, que ha visto una edición más reciente y más completa y que ha prestado grandes servicios. En la presente obra he intentado ofrecer una exposición lo más completa posible de los fenómenos de la radiactividad en el estado actual de nuestros conocimientos.

Marie Curie se refería al libro que Rutherford había publicado no en 1905, como decía Curie, sino en 1904: *Radioactivity* (Cambridge University Press). Ahora bien, es interesante preguntarse qué opinaba Rutherford sobre el libro de Marie Curie. Encontramos esa opinión en una carta que escribió a Boltwood, el 14 de diciembre de 1910:

> Hace unos días he recibido una copia de los dos volúmenes de Mme Curie sobre radiactividad. Pesan mucho y son muy extensos, pero ha reunido una gran cantidad de información útil. Pienso

que ha cometido la equivocación de intentar incluir todos los trabajos, viejos y nuevos, con muy poca discusión crítica de su importancia relativa. No he tenido tiempo más que para leer partes de él, pero, en conjunto, me parece que ha sido razonablemente generosa en el reconocimiento de los que están fuera de Francia. En cualquier caso, yo juzgaría que no he sido descuidado. Leyendo su libro, casi podría pensar que estoy leyendo el mío, con el trabajo añadido de haber incluido lo que se ha hecho en los últimos años. Algunos de los capítulos comienzan de la misma forma, y el contenido se divide de una manera bastante parecida. Me agrada que haya mostrado una gran discriminación al tratar los descubrimientos de [William] Ramsay, al igual que con cuestiones tan delicadas como el espectro de la emanación. Creo que, en conjunto, ella es mucho mejor, como cabría esperar, en el lado químico, y que demuestra alguna falta de profundidad en el lado físico, especialmente en su discusión de las radiaciones. En algunas partes es muy divertido de leer, cuando está muy ansiosa por reclamar prioridad para la ciencia francesa, o, más bien, para ella y su marido. Se reproducen largas citas para demostrar su actitud mental en la época que está considerando. Por cierto, veo una tabla de minerales como apéndice, que dice que tomó del *Jahrbuch*, pero que tiene un parecido extraordinario con la lista que tú diste en mi segunda edición. ¡Evidentemente, reconoce el buen material cuando lo ve! En conjunto, creo que la pobre mujer ha trabajado tremendamente, y sus volúmenes serán muy útiles durante un año o dos para evitar que los investigadores se esfuercen en perseguir su propia literatura; un ahorro que yo no creo que sea completamente ventajoso.

En cuanto a mí, progreso con mi propio libro, y estoy intentando mantenerlo en límites de volumen razonable. Ya tengo prácticamente cinco capítulos, y espero tener en otros seis meses la mayor parte de él. Siento un aburrimiento del que no me puedo desprender, y me temo que el libro sufrirá por esta razón.

Rutherford se refería a un nuevo libro que estaba preparando: *Radioactive Substances and their Radiations*, publicado por Cambridge University Press en 1912 y que se agotó poco después del final de la Primera Guerra Mundial. Por entonces ya existía otro texto importante: el de Stefan Meyer y Egon Ritter von

Schweidler, *Radioaktivität* (1916). En 1927 apareció una segunda edición ampliada, justo el año antes de que Karl Wilhelm Friedrich Kohlrausch publicase otra visión de conjunto del estado de las investigaciones en el dominio de la radiactividad: *Radioaktivität* (1928), que constituía el volumen 15 del *Handbuch der Experimentalphysik*, de Wilhelm Wien y Friedrich Harms.

La radiactividad estaba en auge.

Confidencias

Al igual que otras personas, no importa cuál sea su profesión, los científicos comentan aspectos de lo que sucede o de lo que les sucede, profesional o personalmente, a ellos. Y no es infrecuente que se hagan confidencias, comentarios que no harían en público. La correspondencia entre Rutherford y Boltwood constituye buena prueba de esto. Veamos algunos ejemplos. Comencemos por la carta que Rutherford envió a Boltwood el 21 de octubre de 1911 desde Mánchester:

> Mi querido Boltwood:
>
> Aún no sé nada de ti, aunque te envié una carta que probablemente te aguardaba antes de tu llegada.
>
> Me gustaría que me dijeras de manera confidencial cómo va la separación del radio, porque creo que voy a tener que empezar a negociar pronto con la gente de Viena.
>
> Hay una noticia que estoy seguro de que te va a interesar. [Otto] Hahn me informó hace poco de que [Frederick] Soddy ha obtenido una patente para la separación de mesoy radio-torio. En una carta que recibí ayer, me dice que Knöfler y cía. van a impugnar esto porque consideran que el método era de común conocimiento cuando solicitó la patente. Sé que era algo que a ti y a mí nos inquietaba, y debo decir que lamento mucho saber que Soddy haya escogido ese camino. Espero que el problema se

resuelva de manera amistosa, porque sería una materia desagradable el que llegase a los tribunales. Pienso que es una gran pena que la gente de radioactividad inicie disputas respecto a la parte financiera de la radioactividad. Naturalmente, Hahn está muy ansioso por saber mi opinión sobre el tema. Aunque siento que tiene la justicia de su parte, desde luego que no estoy dispuesto, por muchas razones, a tomar parte en el asunto. Le informaré si me entero de cómo van las cosas progresando.

Tengo entendido, por [Alexander S.] Russell [un químico que colaboró con Rutherford al igual que con Soddy y que desarrolló la mayor parte de su carrera en Oxford], que está trabajando conmigo, que Soddy estaba muy enfadado porque Hahn no quería publicar los métodos empleados en la separación; pero a mí me parece que cualquier persona con sentido podría entender la posición de Hahn con respecto a Knöfler y cía.

He estado dándome una gran paliza con el trabajo experimental y también con mi libro, y estoy haciendo muy buenos progresos en ambos. El laboratorio está lleno, y el trabajo a pleno ritmo. Habrás visto que el último número de *Phil. Mag*. era inusualmente radioactivo.

Aparte de un enfriamiento, me siento en muy buena forma. A final de la próxima semana iré a Bruselas a participar en un pequeño congreso, de alrededor de quince personas, sobre la Teoría de las Radiaciones. Un hombre adinerado de Bruselas paga miles de francos a cada uno por nuestros gastos. Es el tipo de congreso al que no tengo objeción de asistir. [Max] Planck, [Hendrik A.] Lorentz, [Walther] Nernst, [James] Jeans, entre otros, estarán presentes, y espero también encontrar a Madame Curie y descubrir cómo progresa el patrón.

Espero saber pronto de ti en cuanto te hayas asentado en el vigorizante clima de tu país. Por cierto, hemos tenido la primera lluvia en mucho tiempo, y confío en que se haya roto la escasez de agua. Durante los últimos tres meses nos cortaban el agua entre las siete de la tarde y las seis de la mañana. Siempre tuyo,

E. Rutherford

P. D. He recibido las separatas de nuestro artículo en el *Phil.Mag*. y te envío treinta para su distribución.

En esta carta se percibe que, además de interés científico, la radiactividad tenía también interés en el apartado industrial y comercial, y que por ello estaban en juego algunas patentes. Desde 1904, el laboratorio

de Marie y Pierre Curie había comenzado a colaborar con regularidad con un químico industrial, Armet de Lisle, quien, después de consultar con Marie, estableció una factoría de radio en Nogent-sur-Marne, que llamó «Sels de Radium» («Sales de radio»). El objetivo principal era obtener compuestos de radio que se pudiesen vender con vistas a sus aplicaciones médicas. Y es que, por entonces, se tenían grandes esperanzas sobre la posible utilidad terapéutica del radio. La relación Marie Curie-De Lisle fue satisfactoria para ambos. Por un lado, De Lisle se aprovechaba del conocimiento acumulado por los Curie, pero las investigaciones de Marie también se beneficiaron de la existencia de esta industria: por ejemplo, cuando le encargó el tratamiento de varias toneladas de pechblenda, con la que se obtuvieron 40 centigramos de cloruro de radio, a partir de los cuales realizó una nueva determinación del peso atómico del radio.

Otro detalle relevante de la carta es la mención al primer Consejo (*Conseil*) Solvay de Física, celebrado en Bruselas del 30 de octubre al 3 de noviembre de 1911. Fue financiado por el industrial y químico belga Ernest Solvay (1838-1922), quien hizo fortuna al desarrollar un procedimiento de fabricación del bicarbonato sódico. En el Consejo, dedicado a «La teoría de la radiación y los cuanta», participaron, por rigurosa invitación, 21 físicos, una auténtica élite formada por L. Brillouin, M. de Broglie, M. Curie, A. Einstein, R. Goldschmidt, F. Hasenöhrl, J. Jeans, H. Kamerlingh Onnes, M. Knudsen, P. Langevin, F. A. Lindemann, H. A. Lorentz (que lo presidía), W. Nernst, J. Perrin, M. Planck, H. Poincaré, H. Rubens, E. Rutherford, A. Sommerfeld, E. Warburg, W. Wien y

dos colaboradores de Solvay (lord Rayleigh y J. D. van der Waals también fueron invitados, pero no pudieron asistir). Aquel primer Consejo Solvay pasó a formar parte de la historia de la física, no tanto por los resultados que se obtuvieron (las investigaciones concretas rara vez se llevan a cabo en semejantes foros), sino por la singularidad de la mayoría de los participantes y por la naturaleza del tema debatido, que ocupaba una posición central en la física del momento, así como porque hasta entonces no habían abundado reuniones de este tipo; esto es, auténticamente internacionales y dedicadas en concreto a problemas abiertos de física, sólo de física. El único celebrado antes había sido el Congreso Internacional de Física que tuvo lugar entre el 6 y el 12 de agosto de 1900 en París. Estuvieron representados Austria, Bélgica, Canadá, Dinamarca, España, Estados Unidos, Francia, Grecia, India, Japón, México, Rusia y Suecia. Se trató de una reunión sustancialmente diferente a la Solvay, ya que las sesiones estuvieron dedicadas a la presentación de exposiciones sintéticas sobre los conocimientos adquiridos de manera definitiva por científicos importantes en la física en el momento del Congreso; esto es, se trataba de mirar más hacia el pasado que hacia el futuro.



Participantes en el I Consejo Solvay (1911).
© *Stefano Bianchetti/Bridgeman Images/ACI*

Un mes más tarde del envío de la carta anterior, el 20 de noviembre, Rutherford daba a Boltwood algunos detalles de lo que había sucedido en la reunión de Bruselas, junto a otras cuestiones de interés para la comunidad científica que trabajaba en radiactividad:

Mi querido Boltwood:

[...]

Hay un tema importante del que tengo que hablar contigo, verbigracia, el patrón radio. Estuve en Bruselas hace unos quince días en la Conferencia sobre Radiación, de la que he dado un resumen que podrás ver en *Nature* [«Conference on the theory of radiation», *Nature 88* (1911, pp. 82-83)]. Fue un acontecimiento agradable, pero se trabajaba demasiado duro en las reuniones para mi bienestar. Madame Curie estaba allí, [Jean] Perrin y mi

viejo amigo [Paul] Langevin. Puede que hayas oído que ha habido algunas referencias escandalosas en la prensa francesa con respecto a Madame Curie y Langevin. Estoy seguro de que todo son bobadas; pero debe ser un asunto bastante miserable para ambos. Tuve una conversación con Madame Curie a las doce en punto de la noche sobre el tema patrón. Ha preparado un patrón con 24 mg de $RaCl_2$, pero desea mantenerlo en su laboratorio, en parte por razones sentimentales y en parte para continuar las observaciones sobre su actividad. Le he señalado que el Comité no puede permitir que el patrón internacional esté en las manos privadas de una persona. Como sabes, ella es muy obstinada, pero después de alguna discusión sugirió que podía hacer poner un duplicado en una de las oficinas francesas para que se tomase como patrón. Por otro lado, escribí a Soddy sobre esto, y él objeta a un arreglo de este tipo, porque dice que el patrón del Comité debe ser un peso estándar y no un duplicado que implique posibles errores en la medida de la radiación γ. Madame Curie ha sugerido que se cargaría un pago de mil francos para la preparación y ensayo de ese patrón, sin considerar el radio, y me ha comisionado para que pregunte a [Stefan] Meyer si el Gobierno austríaco podría proporcionar el radio a un precio razonable. Escribí a Meyer sobre este tema, pero nuestras cartas se han cruzado y he visto que me ha escrito al mismo tiempo esbozando lo que ellos han hecho para la preparación de un patrón de radio puro, y está deseando comparar su patrón con el de Madame Curie. Te reenvío para tu lectura privada la segunda carta que me ha enviado en respuesta a la mía, porque saca claramente a la luz los puntos principales del asunto en litigio, y las dificultades para un acuerdo satisfactorio. Por favor, considera esta carta como confidencial y devuélvemela cuando la hayas leído. He escrito a Meyer que entiendo completamente su posición, y simpatizo con ella, y sugiero que lo primero que hay que hacer es arreglar una comparación de su patrón con el de Madame Curie. Personalmente no creo que una reunión del Comité pueda hacer mucho hasta que no se haya hecho la comparación, porque, por otra parte, si se encontrasen diferencias muy marcadas, toda la cuestión necesitaría de nuevo una revisión completa. Pienso, sin embargo, que sería conveniente tener una reunión posteriormente, pero no sé ni cuándo ni dónde. Estoy seguro de que va a ser un negocio espinoso arreglar el asunto de manera satisfactoria, en tanto que Madame Curie es una persona bastante difícil de tratar. Tiene las ventajas y a la vez las desventajas de ser una mujer.

Creo que habrás comprendido de estas dos cartas el estado

general del tema. Estoy seguro de que es probable que ahora que Madame Curie conoce que hay preparado otro patrón sea más razonable. Por cierto, espero tener aquí a Madame Curie en febrero para la apertura de una nueva extensión del laboratorio, cuando se le dará un grado honorífico. Creo que estas pequeñas cosas ayudarán a suavizar los temas. Me alegré mucho al ver que ha obtenido un Premio Nobel [de Química], pero había pensado que [Theodore W.] Richards [profesor de la Universidad de Harvard; obtuvo el Premio Nobel de Química en 1914] habría sido el nominado. Ciertamente se lo merece, y espero que no tenga que esperar largo tiempo.

Las «referencias escandalosas en la prensa francesa con respecto a Madame Curie y Langevin» que mencionaba Rutherford se referían a la relación amorosa que mantuvo con el físico Paul Langevin, colega y amigo de la familia. El problema era que Langevin era un hombre casado. Muchos sabían que su matrimonio (con Emma Jeanne Desfosses) era infeliz desde hacía tiempo, pero la sociedad de aquella época no parecía estar dispuesta a aceptar que la viuda de una gloria nacional (Pierre Curie, recordemos, falleció en 1906, atropellado por un coche de caballos), también ella una figura de la nación, desafiase la moral tradicional. Y terminó estallando el escándalo. El 4 de noviembre de 1911, un día después del comienzo del Consejo Solvay en el que Marie y Langevin participaban, *Le Journal*, uno de los diarios de más circulación de París, incluía en su primera página, acompañado por una fotografía de Marie Curie, el siguiente titular: «Una historia de amor: Madame Curie y el profesor Langevin». «Los fuegos del radio —comenzaba la noticia— acaban de encender un fuego en el corazón de uno de los científicos que estudian tan devotamente su acción; y la esposa e hijos de este científico están llorando.» La

fuente de la información fue, según todos los indicios, la propia esposa de Langevin. El día siguiente al artículo de *Le Journal*, *Le Petit Journal* se hacía eco, también en portada, de la noticia: «Un romance en un laboratorio: El *affair* de Mme Curie y M. Langevin». «Sabíamos de él desde hace varios meses. Habríamos continuado manteniéndolo en secreto si el rumor no se hubiese propagado ayer, cuando los dos actores de este relato habían huido, uno abandonando su casa, su esposa y sus hijos, la otra renunciando a sus libros, su laboratorio y su gloria.» La «huida» era asistir al Consejo Solvay. Al día siguiente todos los periódicos de París se hacían eco de la noticia, que inmediatamente apareció en publicaciones de todo el mundo.

Albert Einstein sobre Marie Curie

Con anterioridad a esta carta de Rutherford a Boltwood, el 7 de noviembre, menos de una semana desde el término del Consejo Solvay, Albert Einstein escribía desde Praga a su amigo Heinrich Zangger, director del Instituto Fisiológico de la Facultad de Medicina Veterinaria de Zúrich:

> He regresado la noche pasada de Bruselas, en donde pasé mucho tiempo con Perrin, Langevin y Madame Curie, quedando encantado con esta gente. La última incluso prometió visitarnos con sus hijas. La horrorosa historia que ha sido difundida en los periódicos no tiene sentido [apareció la noticia sobre el *affair* Curie-Langevin en *L'Indépendance belge* de Bruselas el 5 de noviembre]. Se sabe desde hace algún tiempo que Langevin desea divorciarse. Si quiere a Mme Curie, y ella le quiere a él, no necesitan escaparse, ya que tienen abundantes oportunidades de encontrarse en París. Pero no saqué en absoluto la impresión de que existiese algo especial entre los dos; más bien, encontré a los tres unidos por una agradable e inocente relación. Asimismo, no

> creo que Mme Curie ambicione poder, o que esté hambrienta de lo que sea. Es una persona honesta, sin pretensiones, con más responsabilidades y cargas de las que puede llevar. Posee una inteligencia chispeante, pero a pesar de su apasionada naturaleza no es lo suficientemente atractiva como para representar un peligro para nadie.

Por entonces, y desde abril de aquel mismo año, Einstein ocupaba la cátedra de Física de la Universidad Alemana de Praga. Muy poco después, sin embargo, algunos colegas y amigos suyos de Zúrich comenzaron a impulsar la idea de que el creador de la relatividad abandonase Praga por una cátedra en el Politécnico de Zúrich. Pierre Weiss, gran experto en paramagnetismo y ferromagnetismo y profesor allí, tuvo la idea de dirigirse a dos de los científicos más reconocidos y respetados del momento para saber qué opinaban de Einstein, con la intención de incluir sus respuestas en el informe que finalmente debía llegar al Departamento Federal del Interior suizo. Los científicos elegidos fueron Henri Poincaré y Marie Curie. He aquí lo que ésta escribió, el 17 de noviembre de 1911:

> He admirado mucho los trabajos que han sido publicados por M. Einstein sobre las cuestiones que tocan la física teórica moderna. Creo, además, que los físicos-matemáticos están de acuerdo en considerar que estos trabajos son sin duda de primer orden. En Bruselas, en donde he asistido a un consejo científico del que M. Einstein formaba parte, he podido apreciar la claridad de su espíritu, la extensión de su información y la profundidad de sus conocimientos. Si se considera que M. Einstein es todavía muy joven, se tiene derecho a depositar en él las más grandes esperanzas y a ver en él a uno de los primeros teóricos del futuro. Pienso que una institución científica que dé a Einstein los medios de trabajo que él desea, llamándole a ocupar una cátedra en las condiciones que merece, se verá grandemente honrada por tal decisión y prestará ciertamente un gran servicio a la ciencia.

En la primavera de 1913, Marie pasó algunos ratos con Einstein y su mujer (todavía Mileva Maric-Einstein), en casa de éstos, para estrechar los lazos de amistad que habían surgido entre ellos con motivo del Congreso Solvay. A finales de marzo de 1913, Einstein visitó París para pronunciar una conferencia el día 27 sobre la ley de equivalencia fotoquímica en la Societé française de physique. Una semana después, el 3 de abril, y ya de regreso a Zúrich, escribía a Marie Curie:

> Altamente estimada Sra. Curie:
>
> Han pasado algunos días desde que experimentase semejante maravillosa profusión de sucesos. Las fibras de mi cerebro todavía deben estar terriblemente desorganizadas por todo ello. Pero hay algo que siento muy claramente. Estoy profundamente agradecido a usted y a sus amigos [esto incluía, al menos, a la familia de Jean Perrin] por haberme permitido participar en su vida diaria. Contemplar tal camaradería entre semejantes personas es la cosa más estimulante que puedo imaginar. Todo parecía con Vd. tan natural y carente de complicación, como partes de una buena obra de arte, que, a pesar de mi bastante pobre conocimiento del francés, no hizo surgir en mí el sentimiento de ser un extraño.
>
> Deseo agradecerle de todo corazón el tiempo que nos dedicó, y pedirle que me excuse si por cualquier motivo mis rudos modales le hicieron sentir alguna vez incómoda. Pero, sobre todo, le deseo a usted y a sus hijas buena salud [parece que por entonces Ève se encontraba enferma].
>
> Con relación a la excursión a la montaña, me permitiré darle la lata sobre ella más adelante, cuando el semestre se aproxime a su fin. Por el momento, le envío mis mejores saludos y, de nuevo, mi agradecimiento de corazón.

En agosto, en efecto, Einstein y su hijo mayor, Hans Albert, participaron en una excursión a la montaña con Curie y sus dos hijas.

Posteriormente, en privado, Einstein se mostraba más crítico con Marie Curie, como revela la carta que

envió el 11 de agosto, poco después de la excursión, a su prima y futura segunda esposa, Elsa Löwenthal (1876-1936):

> Madame Curie es muy inteligente, pero es tan fría como un pez, lo que quiere decir que carece de todos los sentimientos de alegría o pena. Casi la única forma que tiene para expresar sus sentimientos es despotricando sobre las cosas que no le gustan. Y tiene una hija [Irène] que es incluso peor: parece un granadero. Esta hija está también muy dotada.



Albert Einstein y Marie Curie, Ginebra (1925).

Irène siguió los pasos científicos de su madre y recibió también el Premio Nobel de Química en 1935, compartido con su marido, Frédéric Joliot.

Pero tal vez sea preferible quedarse con aquello que es fruto de la reflexión, no por distinto menos sincero de lo que se expresó en la intimidad. Un ejemplo es el texto de lo que Einstein dijo sobre Marie Curie en un discurso que pronunció en el Museo Roerich de Nueva York el 23 de noviembre de 1935, tras la muerte de Marie, y en el que Einstein demostró una mayor perspicacia y sensibilidad de la que había mostrado años antes con Elsa:

> Cuando una personalidad tan destacada como la señora Curie llega al fin de sus días, no debemos darnos por satisfechos sólo con recordar lo que ha dado a la humanidad con los frutos de su trabajo. Las cualidades morales de una personalidad tan destacada como la suya quizá tengan un significado aún mayor para nuestra generación y para el curso de la historia que los triunfos puramente intelectuales. Hasta estos últimos dependen, en un grado mucho mayor de lo que suele creerse, de la talla del personaje.
>
> Fue una gran suerte para mí poder relacionarme con la señora Curie durante veinte años de sublime y perenne amistad. Su grandeza humana me admiró cada vez más. Su fuerza, la pureza de su voluntad, su austeridad para consigo misma, su objetividad, su juicio incorruptible…, todas estas cualidades eran de un carácter tal que pocas veces se hallan en un mismo individuo.
>
> Se consideraba servidora de la sociedad, y su gran modestia jamás cedía a la complacencia. Le agobiaba un sentimiento profundo de las crueldades y desigualdades de la sociedad. Era esto lo que le daba aquel aspecto exterior severo, que tan fácilmente confundía a quienes no la conocían […], una curiosa severidad sin el alivio de un toque artístico. Cuando consideraba correcta determinada vía, la seguía sin compromiso y con tremenda tenacidad.
>
> El mayor descubrimiento científico de su vida (demostrar la existencia de elementos radiactivos y aislarlos) no sólo se debe a su audaz intuición, sino a su entrega y tenacidad en la tarea bajo

unas condiciones de lo más estrechas y duras que pueda imaginarse, condiciones que pocas veces se han dado en la historia de la ciencia experimental.

Si la fuerza de carácter y la devoción de la señora Curie estuviesen vivas en los intelectuales europeos, aunque sólo fuese en una pequeña proporción, Europa tendría ante sí un futuro más brillante.

Por su parte, los comentarios que Rutherford y Boltwood se intercambiaron sobre Marie Curie no cesaron; así, años más tarde, el 14 de julio de 1921 Boltwood escribía a Rutherford:

Te has debido divertir por el furor creado por la visita de Madame Curie a este país. Te he guardado un montón de recortes de periódico con la intención de enviártelos, pero me los he dejado sobre mi mesa en New Haven. Con antelación a su llegada diversas sociedades científicas nombraron comités para darle la bienvenida. Yo fui nombrado, junto con varios otros, para servir en un comité de la Sociedad Americana de Química. Escribí al secretario y muy respetuosamente decliné semejante honor (alegando unas cuantas razones), pero posteriormente pensé que era mejor retirar mi resignación cuando descubrí que mi acción probablemente iba a ser malinterpretada y ocasionar sentimientos muy duros. No mucho más tarde se me informó de que Madame Curie había expresado su deseo particular de visitar New Haven [donde está la Universidad de Yale] y que recaía sobre mí, de manera que fui a la oficina del secretario e informé a Stokes de que no deseaba tener el honor que se me había impuesto y que consideraba que era el deber de la institución el recibirla. Entonces él me respondió que, en una reunión anterior, la Corporación, por recomendación de un par de médicos, había votado ¡dar a Madame un grado honorario de doctora en Ciencias! Pareció muy desilusionado cuando le dije que pensaba que habían sido un poco irreflexivos con su acción. ¡Se podría haber supuesto que deberían haber consultado a algunas de las personas que se suponía conocían algo sobre el candidato! […].

Vi a Madame la primera vez en una comida dada en su honor en Nueva York poco después de que aterrizase. La vi de nuevo en New Haven cuando vino para la ceremonia de entrega del diploma. [Alois F.] Kovarik [catedrático de Física en Yale] y yo

> estuvimos un par de horas con ella en el Laboratorio Sloane y me sorprendió muy agradablemente descubrir que era muy perspicaz en cuestiones científicas e inusualmente afable, aunque estaba en muy malas condiciones físicas y al límite de un colapso durante todo el tiempo que estuvo aquí. Ha aprendido mucho inglés desde que la vi en Bruselas y sigue muy bien las conversaciones. Ciertamente ha conseguido aquí buenas ganancias, y se llevó un gramo de radio y un número muy considerable de miles de dólares. Pero me da pena la pobre chica vieja, tenía una figura inconfundiblemente patética. Fue muy modesta y sin pretensiones, y parecía asustada por todo el alboroto que la gente hacía sobre ella.
>
> Gracias a Dios, Yale no le concedió un grado a Einstein. Nos libramos por un estrecho margen. Si hubiese venido aquí como científico y no como sionista, hubiese sido completamente adecuado, pero bajo las circunstancias pienso que hubiese sido un error. Me hubiese gustado ver a Weizmann, pero, aunque estuvo en New Haven e intentó ponerse en contacto conmigo, por entonces yo estaba fuera de la ciudad, de manera que me lo perdí. Le recuerdo de manera agradable por las relaciones de Mánchester.

Boltwood se oponía a que se otorgase un grado honorífico a Marie Curie porque consideraba que su trabajo científico no lo merecía. Pensaba que su período creativo había terminado en 1903 y que mucha de la fama que tenía se debía a ser una de las pocas mujeres científicas y a haber tenido la desgracia de perder a su marido en un accidente. Además, y como se observa en las cartas anteriores, creía, al igual que Rutherford, que era una persona con la que era difícil mantener relaciones de cooperación internacional.

El viaje de Marie Curie a Estados Unidos se debió a la iniciativa de una periodista estadounidense, Marie Meloney, redactora jefe de *The Delineator* (una revista femenina muy respetable y conocida), que después de haber entrevistado a Curie en París en mayo de 1920

pensó que la científica franco-polaca podía llegar a ser un modelo para el pueblo norteamericano. Missy, como se conocía a esa periodista, preguntó a Marie el precio del radio. Ante su respuesta, «100.000 dólares el gramo», manifestó que pensaba que no habría ningún problema en convencer a millonarias estadounidenses para que aportasen la mayor parte de esa suma: diez mujeres a diez mil dólares cada una. Además, argumentó que, si escribiese una autobiografía, podría obtener una importante cantidad suplementaria: éste fue el origen de su autobiografía.

De regreso a Estados Unidos tras haber entrevistado a Marie Curie, y con la autorización de ésta, Missy se puso manos a la obra y estableció el «Marie Curie Radium Fund». A finales de 1920, ya estaba segura de que su plan podría tener éxito, aunque no recurriendo sólo a unas pocas millonarias. El éxito de la campaña publicitaria que organizó fue tal que repercutió incluso en Francia: los periódicos galos se dieron cuenta de que tenían en su país una celebridad internacional (la fama que había adquirido inicialmente en Francia, tras la concesión de su primer Premio Nobel, no fue tan grande como para darle el estatus de celebridad mundial en su país). La revista *Je sais tout* tomó la iniciativa de preparar una despedida digna para Marie Curie antes de que viajase a Norteamérica, con la celebración de una gala en la Ópera de París el 27 de abril de 1921.

En compañía de sus dos hijas, Marie Curie embarcó en el Olympic el 4 de mayo, con el propósito de permanecer siete semanas en América. En la biografía de su madre, que escribió Ève Curie, describió la llegada a Nueva York como sigue:

> Una inmensa multitud, apretujada en el muelle de desembarco, vigila la llegada. [...] Los innumerables curiosos permanecerán durante cinco horas de pie, antes de que puedan divisar a aquella mujer que los diarios, con enormes títulos, califican de la «Bienhechora de la raza humana». Se distinguen batallones de *girls-scouts* y de estudiantes, una delegación de trescientas mujeres que agita sus pañuelos rosa y blanco, representando a las organizaciones polacas de Estados Unidos. Los colores brillantes de las banderas americanas, francesas y polacas flotan por encima de millares de espaldas prensadas y de rostros curiosos.

El objetivo preferente del viaje, su razón de ser —la donación del gramo de radio—, se llevó a cabo el 20 de mayo en la Casa Blanca. Fue entregado por el presidente Warren Gamaliel Harding en un cofre de caoba forrado de plomo que pesaba cincuenta kilogramos. Pero la noche anterior tuvo lugar un suceso que revela el carácter de Marie Curie: cuando Missy le enseñó el documento oficial de entrega del gramo de radio, Marie insistió en retocar el texto; no quedaba claro la cuestión de la propiedad. Hubo que buscar un notario para añadir una frase especificando que se podría utilizar «*for free and untrameled use of her in experimentation and the pursuit of Knowledge*» («para que ella lo utilizará libre e ilimitadamente en la experimentación y búsqueda del conocimiento»). No hay duda de que, a lo largo de toda su vida, valoró mucho aquel gramo de radio. Así, en la última carta incluida en la correspondencia publicada con Irène, fechada el 26 de marzo de 1934, poco más de tres meses antes de su muerte, incluyó la siguiente posdata:

> He escrito una resolución provisional que hace las veces de testamento con relación al gramo de Ra y la he colocado con los documentos de América en un paquete sobre el cual he indicado

el contenido en rojo. Todo se encuentra en el cajón del mueble de la sala de descanso, debajo de los cajones cerrados con llave, en el lugar donde está el dosier que me ha enviado Fred [F. Joliot] y que contiene cartas útiles.

Marie también obligó a sus interlocutores estadounidenses a que se reconociese que ella podría disponer libremente del dinero que sobrase de la campaña de recaudación de fondos (terminarían sobrando 50.000 dólares). Sin duda era una mujer que sabía lo que buscaba, y si había aceptado viajar tan lejos y durante tiempo era para conseguir lo que quería. Era una transacción comercial, y no estaba dispuesta a que hubiese ninguna duda sobre las condiciones en que se realizaba. Marie cumplió con su parte del trato, viajando por Estados Unidos, en lo que fue una larga y dura gira (Nueva York, Washington D. C., Filadelfia, Pittsburgh, Chicago, Búfalo, Boston, New Haven, y visitas al Gran Cañón y a las cataratas del Niágara). Recibió honores de todo tipo y cuando se leen algunas de las frases que pronunció, se advierte que no sólo sabía lo que quería, sino también cómo impresionar a sus audiencias. Solía, por ejemplo, recordar las precarias condiciones en que había tenido que descubrir el radio. Así, en el discurso que pronunció al recibir la Medalla William Gibbs, en la American Chemical Society, manifestó: «Voy a mostrarles ahora las imágenes de mi primer laboratorio, que era muy pobre y primitivo. Las condiciones de trabajo son mejores en mi nuevo laboratorio, y creo que mejorarán más aún después del interés que su país ha mostrado generosamente por mí». Es, asimismo, interesante señalar que Marie Curie aprovechó su viaje para establecer relaciones con personajes estadounidenses relacionados con la

industria del radio. En Pittsburgh, por ejemplo, visitó una fábrica en la que se producía radio.

El problema de encontrar un patrón común para la radiactividad

En las primeras cartas de Rutherford a Boltwood que cité, ya apareció la cuestión de encontrar un patrón para las medidas de radiactividad que fuese aceptado por todos los científicos —o, al menos, los importantes— que investigaban en el campo. Se trataba de una cuestión con implicaciones comerciales y en la que también jugaban un papel los sentimientos o intereses privados. En otra carta de Rutherford a Boltwood, del 22 de abril de 1912, volvía a surgir el asunto:

> Mi querido Boltwood:
>
> Acabamos de regresar de un *tour* de tres semanas por Francia, totalmente bronceados y en buena forma para trabajar. [William H.] Bragg vino con nosotros y tuvimos un tiempo absolutamente agradable, con tres semanas de sol acompañado ocasionalmente por un viento frío. Vimos gran parte de los Pirineos y de Francia en general. Me siento ahora en muy buen estado físico para abordar de nuevo el trabajo y acabar mi libro.
>
> Habrás recibido de Meyer un informe sobre el modo de proceder del Comité en París y las resoluciones propuestas. Espero que cuenten con tu aprobación; pienso que servirán para su propósito. La concordancia entre el patrón de Viena y el de Curie fue tan buena como permitieron las medidas dentro del tiempo limitado, en cualquier caso, de 1 sobre 300, y puede que incluso mejor. Soddy trajo un pequeño patrón de unos 3 miligramos, hecho por [William] Ramsay y [Robert Whytlaw] Gray. Las medidas preliminares mostraron que estaba alrededor de un 2 % de los otros, pero no hubo tiempo para medirlo con mayor certeza, y además era mucho más pequeño que el otro patrón y no estaba en muy buen estado. La reunión transcurrió de manera muy agradable y sin roces. [André-Louis] Debierne había preparado una disposición excelente de los aparatos para la prueba, y demostró que él mismo es una persona muy sensible.

Todos comimos con Madame Curie y su familia. Tenía un aspecto un tanto débil y enfermizo, pero no peor que el que mostraba en Bruselas hace dos años. Tuvimos una breve reunión en su casa y luego nos fuimos al laboratorio para hacer los últimos arreglos, con los que ella se mostró bastante satisfecha. Pienso que quizá hubiésemos hecho las cosas mucho más deprisa sin Madame Curie, porque ya sabes que ella tiene inclinación a crear dificultades. Saqué en el Comité la cuestión de pagar por el patrón, y todos pensamos que sería muy deseable que el dinero se recaudase de alguna manera por el Comité, y todos nos comprometimos individualmente a recaudar el dinero necesario. Sin embargo, afortunadamente, Soddy habló con su suegro, el doctor [sir George] Beilby F. R. S., y él y la señora Beilby acordaron financiar el asunto. Estoy muy contento de que la donación haya venido de la sección inglesa y no de Francia, puesto que en este último caso habría habido una tendencia a considerar el patrón como mucho más perteneciente a su país. La donación ha eliminado muchas dificultades, porque, si se le hubiese pedido al Gobierno que pagase una parte del coste, sin duda hubiesen querido tener un oficial del Gobierno en el Comité, lo que habría sido imposible. De esta manera, el patrón permanecerá en poder del Comité, y somos un cuerpo independiente para sugerir lo que consideremos adecuado.

Hahn estaba en muy buena forma, y Soddy se mostró muy útil. Verás que hemos salvado las dificultades entre los grupos de Viena y París al disponer que el patrón de Meyer sea un segundo patrón y que se preserve por la Academia de Viena. Esto agradará a la gente de Viena y reforzará a Meyer cuando trate con ellos. Estoy muy contento de que todo este asunto esté ahora definitivamente arreglado, porque hubiese sido un tema muy difícil si el patrón hubiese mostrado un gran desacuerdo. Pronto comenzaremos a circular a los Gobiernos cómo obtener duplicados del patrón.

No tengo dudas de que la señora Rutherford te escribirá sobre nuestro viaje con más detalle.

31
HENRY MOSELEY: UNA PROMESA, QUE YA ERA REALIDAD, FRUSTRADA*

Henry Gwyn Jeffreys Moseley (1887-1915) se inició en la investigación en el grupo que Ernest Rutherford reunió en Mánchester y del que formaron parte, en un momento u otro, físicos y químicos como Hans Geiger, Ernest Marsden, Alexander Smith Russell, Kasimir Fajans, Niels Bohr, Gyorg von Hevesy, James Chadwick y Charles Galton Darwin. No obstante la brevedad de su vida, logró resultados que le aseguraron un lugar prominente en la historia de la física cuántica al aplicar los rayos X al estudio de la estructura del átomo, investigaciones que inició con Charles Galton Darwin. Moseley descubrió experimentalmente una ley según la cual «la raíz cuadrada de la frecuencia de los rayos X producidos cuando un elemento es bombardeado con rayos catódicos es proporcional al número atómico del elemento», un resultado que apoyaba, y estructuraba en base más firme, el modelo atómico que Niels Bohr había propuesto poco antes. Los artículos de Moseley aparecieron en 1913 y 1914 (año en que abandonó Mánchester para trasladarse a su *alma mater*, Oxford) en *Philosophical Magazine* (volúmenes 26 y 27): «The high-frequency spectra of the elements», y «The high-frequency spectra of the elements. Part II». A través de las cartas que envió a su madre y su hermana Margery, a la que estaba muy unido, es posible reconstruir el inicio y la evolución de sus investigaciones. Veamos algunos ejemplos. El primero, la carta que dirigió el lunes 4 de noviembre de 1912:

Mi querida madre:

He estado perezoso dos días, recuperándome de la conferencia que di el viernes sobre rayos X. Estuve algo nervioso porque [William Henry] Bragg, la principal autoridad en el tema (catedrático de Física en Leeds), estaba presente y por tanto tenía que ser prudente. Sin embargo, tuve bastante éxito y me apañé para controlar mis nervios. Hablé sobre todo de los nuevos experimentos alemanes acerca del paso de rayos a través de cristales. Los que hicieron el trabajo no comprendieron en absoluto lo que significaba, y dieron una explicación que estaba obviamente equivocada. Después de mucho trabajo duro [Charles Galton] Darwin y yo dimos con el significado real de los experimentos, y ofrecí la primera explicación pública el viernes. Sin embargo, sabía privadamente que Bragg y su hijo [William Lawrence Bragg] habían dado una explicación unos pocos días antes que nosotros, y su explicación, aunque procedente de un punto de vista diferente, termina siendo la misma que la nuestra. Estamos, por consiguiente, dejando el tema a ellos. El asunto es muy importante y probablemente habrá una enorme cantidad de trabajo para realizar durante los próximos años.

Unos meses después, el 2 de febrero de 1913, explicaba a su hermana la situación de su trabajo con rayos X:



Henry Moseley en su laboratorio de Balliot Trinity (Oxford, *c*. 1910).
© *Science Source/New York Public Library/Album*

Mi querida Margery:

Dejé que celebrases tu cumpleaños en solitaria penumbra. Qué terrible es pensar que te queda menos de un año de juventud. Te enviaré algunas rosas cuando encuentre algún lugar desde el que hacerlo. Quiero algunas para mí mismo, pero Bees ha subido sus precios enormemente y ahora son tan caras como en cualquier otro lugar. […] Estoy trabajando moderadamente duro con los rayos X, pero un poco perezosamente, probablemente como reacción al gran esfuerzo de hace dos semanas cuando de repente comenzaron a llegar resultados interesantes a manos llenas. Estoy trabajando con C. G. Darwin, hijo de sir George, el difunto hombre de las mareas [e hijo del gran Charles Darwin]. El problema de los rayos X está convirtiéndose en intensamente interesante y mucha gente está trabajando en él, de manera que

> presentamos nuestro resultado en la forma convencional, enviando una carta a *Nature*, que después de algún retraso se ha publicado ahora [H. G. J. Moseley y C. G. Darwin, «The reflection of the X ray», *Nature 90* (1913), p. 594]. Pienso, por tanto, que ya no hay necesidad de apresurarse terriblemente, ya que no tememos que algún otro reclame un monopolio sobre el tema. Hemos obtenido ahora lo que parece ser la prueba definitiva de que un rayo X, que se difunde a través del éter en forma esférica desde una fuente, cuando se encuentra con un átomo puede reunir toda su energía de alrededor concentrándola en el átomo. Es como si cuando una onda circular de agua encuentra un obstáculo, de repente la onda desapareciese y concentrase su energía en atacar al obstáculo. Mecánicamente esto es, por supuesto, absurdo, pero hace tiempo que, en esto, la mecánica ha dejado de funcionar. Está involucrada alguna muy misteriosa propiedad de la energía con la que hace años los alemanes están lidiando a tientas, pero que nosotros no tenemos esperanza inmediata de comprender.

Lo que Moseley y Darwin estaban observando en esta investigación no era todavía lo que haría famoso al primero, pero es muy interesante advertir que el resultado al que llegaron, y que tanto les sorprendía, no era sino una manifestación de la cuantización de la luz, es decir, que las ondas electromagnéticas, al igual que la luz, se comportan como si estuvieran compuestas por partículas de energía (*cuantos* de luz) independientes; la «dualidad onda-corpúsculo», como se establecería más tarde. «Los alemanes», a los que se refería Moseley, era sobre todo Albert Einstein. Hasta cierto punto esto es algo sorprendente, ya que Niels Bohr estuvo en Mánchester desde marzo de 1912 y fue allí donde llegó a la idea de introducir los cuantos de luz en el modelo atómico de Rutherford.

La investigación en la que estaban empeñados Moseley y Darwin no tardó mucho en prosperar, como manifestaba el primero a su madre el 18 de mayo de 1913:

> He estado trabajando bajo gran presión durante algún tiempo y estoy aprovechándome de ello. Durante unos días me cansé mucho, pero después de unas cuantas largas noches estoy fresco de nuevo. Hay tanto que hacer, y todo es extraordinariamente interesante, que vivo en constante impaciencia porque el trabajo experimental sea tan lento. Darwin y yo estamos tratando de publicar un artículo en el *Phil. Mag.* del primero de junio. Darwin está fuera durante el fin de semana y estoy pidiéndole que lo emplee en escribir el artículo, poniendo en él todos los resultados que esperamos tener listos al final de esta semana. Muy probablemente los editores lo rechazarán [lo hicieron y el artículo apareció en julio: H. G. J. Moseley y C. G. Darwin, «The reflection of the X rays», *Philosophical Magazine 26* (1913, pp. 210-232)], ya que habitualmente piensan que tres o cuatro meses es el tiempo adecuado para publicar un artículo, pero hemos logrado que Rutherford les fuerce y puede que tenga éxito. Todo el asunto de los rayos X está desarrollándose de manera magnífica. Por supuesto, Bragg va por delante de nosotros, y por tanto el crédito le pertenece, pero esto no lo hace menos interesante. Hemos encontrado que un rayo X dirigido a un objetivo de platino produce una línea bien definida en el espectro, con cinco longitudes de onda que el cristal separa como si fuera una rejilla de difracción. De esta forma se pueden obtener rayos X monocromáticos puros. Mañana trataremos con los espectros de otros elementos. Aquí hay una nueva rama de la espectroscopía que es seguro que nos dirá mucho sobre la naturaleza del átomo.

Efectivamente, esa técnica diría mucho sobre la naturaleza del átomo, un camino que Moseley emprendería ya en solitario, sin Darwin, y que fructificaría en artículos como «Atom models and X-ray spectra», publicado el 15 de enero de 1914 en *Nature* (vol. 92, p. 554), una especie de resumen de resultados que presentaría con más extensión en artículos en *Philosophical Magazine*. El 2 de noviembre de 1913 escribía a su madre sobre lo que estaba consiguiendo:

Mi más querida de las madres:

Cuando te escribí la última vez [fue en una carta fechada el 19 de octubre de 1913], profeticé que mi trabajo por fin iba bien. Desde el miércoles he sido sorprendentemente exitoso, lo que te alegrará, ya que acorta el tiempo que tendré que permanecer aquí. Ahora puedo obtener en cinco minutos una fotografía precisa y nítida del espectro de rayos X, algo que significaría días de trabajo con el método de ionización. En los últimos cuatro días he obtenido los espectros que dan el tántalo, cromo, manganeso, hierro, níquel, cobalto y cobre y parte del espectro de la plata. El resultado principal es que todos los elementos dan el mismo tipo de espectro, siendo el resultado de cualquier metal fácil de imaginar a partir de los resultados de otros. Esto demuestra que los interiores de todos los átomos son muy parecidos, y a partir de estos resultados será posible determinar algo de lo que están hechos esos interiores.

Tenía toda la razón. Con el método que desarrolló se avanzó notablemente en el conocimiento de la estructura del átomo.

El futuro se vislumbraba prometedor para Henry Moseley, pero pronto llegó la Gran Guerra, conocida más tarde como Primera Guerra Mundial, y fue reclutado. Todavía los científicos no eran tan valorados como lo serían después. No sobrevivió. Murió el 10 de agosto de 1915 durante la famosa batalla de Gallipoli, víctima de un proyectil turco, dos meses antes de cumplir los veintiocho años. Dejó, es cierto, una huella profunda en la ciencia atómica gracias a las investigaciones que llevó a cabo en un plazo de tiempo sorprendentemente breve: entre el verano de 1913 y mayo de 1914. Pero ¡cuánto más podría haber conseguido!

El 14 de septiembre de 1915, Rutherford daba la noticia a Boltwood, añadiendo otras relevantes:

Querido Boltwood:

Sentirás mucho saber que Moseley murió en los Dardanelos el 10 de agosto. Podrás ver el obituario que he escrito de él para *Nature* [«Henry Gwyn-Jeffreys Moseley», *Nature 96* (9 de septiembre de 1915, pp. 33-34)]. Era el mejor de entre todos los jóvenes que he tenido, y su muerte es una gran pérdida para la ciencia. Me pregunto si tú querrías escribir una breve nota sobre él para *Science*, porque, si recuerdo correctamente, le conociste personalmente muy bien.

También sentirás mucho al saber que el segundo hijo de Bragg, que aún no se había graduado en Cambridge, murió a causa de las heridas recibidas en los Dardanelos. Se informó de que estaba gravemente herido, y murió uno o dos días después en el mar. La noticia de su muerte acaba de aparecer en el *Times*; [W. H.] Bragg iba a haber estado con nosotros para la British Association, pero recibió el telegrama el día anterior. El hijo mayor de Bragg, lugarteniente en la R. A. [Royal Artillery, estrictamente, Royal Regiment of Artillery], ha sido trasladado temporalmente para realizar un trabajo científico especial en Flanders. Mi *lecturer* Robinson (también en la R. A.) está con él. Pring (lugarteniente) está en el frente con el Cuerpo Químico, y espera ansioso tiempos mejores en el futuro.

La British Association transcurrió muy bien, y todas las secciones fueron tan buenas, si no mejores que de costumbre. La Sección de Física se reunió en mi laboratorio, y tuvimos muy buenas discusiones sobre isótopos, clasificación de las estrellas y termoiónica. [Pierre] Weiss, el famoso del magnetón, estuvo aquí y dio una conferencia, mientras que Bragg hizo un informe sobre el trabajo en cristales. Recordarás que Schuster era presidente. Una pequeña sección de la prensa le atacó por tener un apellido germánico, pero afortunadamente no hubo disturbios de tipo alguno en Mánchester. Su conferencia, que leerás, transcurrió muy bien, aunque su voz era un poco débil. Ese mismo día recibió noticias de que su hijo había sido herido en los Dardanelos, pero desde entonces ha tenido noticias desde Alejandría de que era una herida relativamente leve en el antebrazo.

Verás por el *Phil. Mag.* que he seguido manteniendo algo de investigación. He encontrado un nuevo conjunto de partículas alfa del torio C de rango largo, y he investigado los átomos de hidrógeno de los tubos de emanación, pero pasará algo de tiempo antes de que publique los resultados finales porque he estado muy ocupado los dos últimos meses en el trabajo general de la guerra. Puede que hayas visto que he sido nombrado miembro del Consejo de Invenciones e Investigación. Estoy especialmente ligado al tema de los submarinos y he comenzado algunas

investigaciones sobre la detección acústica. La Marina, naturalmente, ya ha realizado un montón de trabajo en una variedad de líneas, y los resultados son demasiado bien conocidos por nuestros amigos alemanes, pero dudo que ellos hagan alguna vez pública una lista de sus pérdidas. Puedo imaginar que la vida en un submarino alemán en los tiempos actuales sea aproximadamente tan estimulante como la de un criminal en prisión condenado a la horca. Mi cuñado, el mayor Newton, está en un refugio subterráneo en los Dardanelos. Es el jefe de un hospital de campaña y pasó un tiempo muy duro durante los ataques del 5 al 10 de agosto, porque las víctimas eran muy abundantes, y estuvieron expuestos al fuego enemigo durante todo el tiempo. Los neozelandeses sufrieron pérdidas muy elevadas, pero se mostraron llenos de empuje. Hemos tenido en Mánchester un gran número de australianos y neozelandeses heridos, y mi esposa ha recibido el encargo de la organización general de cuidar de estos últimos y de los canadienses en los hospitales.

Mánchester parece poco cambiada, excepto porque las calles se han oscurecido por la noche durante los últimos seis meses. Esta ciudad ha proporcionado 108.000 hombres, es decir, que lo ha hecho muy bien. Naturalmente, los hombres investigadores en el laboratorio se han reducido mucho, y en estos días es difícil encontrar gente que trabaje duro, ya que la mayor parte se dedican a la munición o a otros trabajos. Cook está totalmente ocupado con el trabajo de guerra, y también el hojalatero. Baumbach está todavía internado y es muy probable que siga así hasta el final de la guerra. Su mano derecha se ha librado de nuevo, y está trabajando en el laboratorio de Química. Todos los laboratorios químicos del país están trabajando en la producción de químicos especiales para la terapéutica y otros propósitos. [Chaim] Weizmann tiene un gran trabajo entre manos relacionado con los explosivos, mientras que Dixon ha sido requerido por la Oficina de Guerra para ensayar los productos de diversas empresas.

Pienso que estaremos a toda marcha en seis meses, cuando algo tendrá que moverse. El país está todavía lleno de tropas, aunque creo que hay cerca de un millón y medio en Francia y en los Dardanelos, pero naturalmente nadie sabe los números reales.

No sé cuál es tu opinión sobre la situación actual entre Estados Unidos y Alemania. Desde aquí se ve bastante absurda, pero naturalmente nosotros sólo obtenemos extractos de los documentos de los aliados. Pensaría que el Gobierno de este país está bastante contento con la guerra submarina contra los buques

mercantes, porque les resulta muy caro a los alemanes y disminuye sus actividades en otras direcciones. Sin embargo, imagino que el Gobierno alemán ha sacado la conclusión de que el juego no vale la pena. Me temo que el pueblo alemán estaría bastante molesto si conociesen la magnitud real de sus pérdidas. Creo que la Marina está muy contenta al respecto, ya que la caza submarina es la única relajación de su rutina de espera de la flota alemana. Londres y el sur de Inglaterra se están empezando a acostumbrar a la visita de los zepelines. Normalmente se las apañan para cazar a un número razonable de mujeres y niños como para volverse a casa muy contentos. Hasta el momento no he estado en Londres en el tiempo de un bombardeo, pero me gustaría tener la oportunidad de ver uno. Espero que más pronto o más tarde nosotros les cazaremos a ellos, pero son muy difíciles de atacar en la oscuridad.

Saluda a Zeleny, Bumstead, Wellisch y Wheeler. Nosotros en casa estamos todos bien; Eileen tiene vacaciones, pero muy pronto volverá al colegio. Esta noche voy a Londres y luego a Escocia a ensayar nuevos experimentos. Sinceramente tuyo.

En el obituario de Moseley que mencionaba, Rutherford se había quejado de que no se hubiese considerado que los jóvenes científicos serían más útiles a la nación alejados del frente:

Es una tragedia nacional que, al comienzo, nuestra organización militar fuese tan poco dúctil como para ser incapaz, con unas pocas excepciones, de sólo utilizar las ofertas de servicio de nuestros jóvenes científicos como combatientes en la línea de fuego. Nuestra pena por la prematura muerte de Moseley es tanto más sangrante porque nos damos cuenta de que, sus servicios, habrían sido muchísimo más útiles a su país en uno de los numerosos campos de investigación científica que se han hecho necesarios por la guerra, en lugar de exponiéndose a las probabilidades de una bala turca.

Como se desprende de la carta anterior que envió a Boltwood, el propio Rutherford fue utilizado para los trabajos que él reclamaba para los científicos. En

julio de 1915, el Reino Unido había creado una Board of Invention and Research (Junta de Invención e Investigación) para servir a la Armada, y ésta seleccionó como punto prioritario de su sección II («Submarinos, minas, reflectores, telegrafía sin hilos y eléctrica en general y temas electromagnéticos, ópticos y acústicos») la detección submarina, por lo que solicitó a Rutherford que preparase un informe sobre los diversos métodos que se habían utilizado hasta entonces para detectar sonidos en el agua. En su comunicado, Rutherford señaló que el procedimiento más prometedor era el de emplear un hidrófono (micrófono en el agua).

Naturalmente, existían problemas. El primero, que el propio barco en el que se instala el detector produce ruido. En consecuencia, un micrófono sumergido en el agua y arrastrado por un barco registrará sonidos incluso aunque no haya ningún submarino por los alrededores. Por fortuna, el oído humano es capaz, con algo de entrenamiento, de distinguir sonidos, y fue en esta facultad en la que se apoyaron los primeros detectores, pero desde luego no era una solución satisfactoria. En segundo lugar, escuchar únicamente no es suficiente: hay que localizar al submarino; averiguar su posición, velocidad y dirección en que se mueve. Ahora bien, algunas propiedades físicas del agua marina (como la velocidad del sonido en el agua, o el efecto que sobre ella ejerce la temperatura y la salinidad) no eran bien conocidas; de hecho, se utilizaban datos de experiencias realizadas en el lago de Ginebra en 1827 para medir la velocidad del sonido en el agua, así como otras llevadas a cabo en 1888 por Richard Threlfall y John F. Adair sobre la velocidad de ondas

provocadas por explosiones en el mar. Para resolver estos problemas, en la primavera de 1916 se formó un equipo, dirigido por William H. Bragg, en la Estación Experimental Naval de Hawkcraig, en el Firth of Forth (Escocia), cerca de la base naval de Rosyth. Aquí, desde diciembre de 1915, ya había estado trabajando en el tema el capitán C. P. Ryan, un oficial con escasa formación científica. Por su parte, Rutherford transformó una de las habitaciones de su laboratorio de Mánchester en una sala dedicada a tales investigaciones; de hecho, llegó a obtener en 1916 una patente, junto a W. H. Bragg, sobre «Mejoras en aparatos para detectar la dirección del sonido en el agua». El procedimiento, denominado ASDICS (Anti-Submarine Division-ics), siguió desarrollándose, ahora con rapidez, y, si la guerra hubiera durado seis meses más, es muy posible que hubiese llegado a ser operativo en la Royal Navy.

32
EL FINAL DEL VITALISMO: WÖHLER Y LA UREA*

Uno de los grandes avances científicos que se produjeron a lo largo del siglo XIX fue el desarrollo de la fisiología, la rama de la medicina y la biología que se ocupa de explicar los procesos que tienen lugar en los organismos vivos recurriendo a la física y la química. Aunque no nació entonces —recuérdese, por ejemplo, al médico inglés William Harvey (1578-1657) y a sus estudios sobre la circulación de la sangre, que pertenecen al campo de la fisiología—, lo cierto es que a comienzos del siglo XIX la fisiología no existía como disciplina independiente, sino que se encontraba firmemente unida a la anatomía, lo que implicaba que las funciones vitales no eran explicadas, si acaso, se localizaban. En 1816, el francés François Magendie (1783-1855), uno de los médicos que más hizo para cambiar la situación en que se encontraba la fisiología, señalaba en su *Précis élémentaire de physiologie* (*Tratado elemental de fisiología*) el retraso en que se encontraba su disciplina:

> Las ciencias naturales han tenido, al igual que la historia, sus tiempos. La astronomía ha comenzado por la astrología; la química hasta hace poco no era más que un conjunto pomposo de sistemas absurdos, y la fisiología un largo y fastidioso romance; la medicina, un cúmulo de preocupaciones hijas de la ignorancia y el temor de la muerte, etcétera […]. Tal fue el estado de las ciencias naturales hasta el siglo XVII. Entonces apareció Galileo, y los sabios pudieron aprender que el conocer la naturaleza no se trataba de forjarla ni de creer lo que habían dicho los autores antiguos, sino que era menester observarla y además preguntarle por medio de experimentos.
>
> Esta fecunda filosofía fue la de Descartes y Newton, la propia que les inspiró constantemente en sus inmortales tareas. La misma

> que poseyeron todos los hombres de ingenio que en el siglo último redujeron la química y la física a la experiencia [...]. Ojalá pudiera decir que la fisiología, esta rama tan importante de nuestro conocimiento, ha tomado el mismo vuelo y sufrido la misma transformación que las ciencias físicas, pero, por desgracia, no es así. La fisiología, para muchos, y aún en ciertos casos todas las obras de este dominio, aparece tal cual era en el siglo de Galileo, un juego de imaginación; tiene sus diferentes creencias y sus sectas opuestas; invoca la autoridad de los autores antiguos, los cita como infalibles y pudiera llamarse un cuadro teológico caprichosamente lleno de expresiones científicas.

Por entonces aún dominaba el denominado vitalismo, la idea de que los procesos orgánicos se debían a la actuación de una fuerza, «vital», no reducible a las físicoquímicas. Hermann von Helmholtz recordaba en 1861:

> Todavía a comienzos de este siglo [el XIX], los fisiólogos creían que era el principio vital el que producía los procesos de la vida, y que se rebajaba la dignidad y naturaleza de ésta si alguien expresaba la creencia de que la sangre era conducida a través de las arterias por la acción mecánica del corazón, o que la respiración tenía lugar siguiendo las leyes habituales de la difusión de los gases. Por el contrario, la generación actual trabaja duramente para encontrar las causas reales de los procesos que tienen lugar en un cuerpo vivo. No suponen que exista ninguna diferencia entre las acciones químicas y las mecánicas en el cuerpo vivo y fuera de él.

Gracias a la química resultante de la revolución que había encabezado Lavoisier, se pudo acometer el análisis de la composición tanto de sustancias inorgánicas como de las de origen biológico; se comprobó que las primeras contenían elementos que aparecían también en las segundas, por lo que llegó a aceptarse de modo casi general que no existía diferencia entre ambas desde el punto de vista

químico. Un hito en este sentido fue el realizado por Friedrich Wöhler (1800-1882) en 1828 para obtener urea a partir del cianato amónico, una sustancia inorgánica.

Aunque había estudiado Medicina, Wöhler se dedicó a la química y amplió sus estudios en Estocolmo con Jöns Jacob Berzelius (1779-1848), uno de los grandes líderes de la química de su tiempo. Tras su regreso a Alemania en 1824 fue nombrado profesor de la Escuela de Artes y Oficios de Berlín, de la que pasó en 1831 al Politécnico de Kassel, antes de obtener en 1836 una cátedra de Química y Farmacia en la Facultad de Medicina de Gotinga.



Friedrich Wöhler.
© *Science Source/New York Public Library/Album*

En la Escuela Industrial de Berlín, Wöhler llevó a cabo su histórica investigación. Trató cianato de plomo, $(CON)_2Pb$, con amoníaco, NH_3, y obtuvo cianato amónico, $CNONH_4$. Una vez formada esta disolución, la puso a hervir para cristalizarla. El resultado fue que el cianato amónico se transformó en urea: $CNONH_4 \rightarrow CO(NH_2)_2$. Se trataba de un reagrupamiento interno —un proceso frecuente en la química orgánica—, en el cual no cambia ni el número ni la clase de los átomos de la molécula, sino

solamente su ordenación dentro de ella. Publicó sus resultados en el volumen 12 (pp. 253-256) de la revista *Annalen der Physik und Chemie* bajo el título de «Sobre la producción artificial de la urea».

La transcendencia del descubrimiento de Wöhler —encontró continuación en 1845, cuando Hermann Kolbe (1818-1884) sintetizó ácido acético a partir de materiales inorgánicos— radicaba en que la urea es una sustancia que se forma en los seres vivos. Por consiguiente, para los defensores del vitalismo, se trataba de un producto no reducible a los meros compuestos químicos.

Sabemos algo del contexto del que surgió el trabajo de Wöhler por una carta que escribió a su antiguo maestro, Berzelius, el 22 de febrero de 1828 (la carta contiene detalles algo técnicos, pero la reproduzco en su integridad por la importancia histórica que posee):

> Querido profesor:
>
> Espero que le hayan llegado mi carta del 12 de enero y la posdata del 2 de febrero y, aunque he estado viviendo con la esperanza diaria, incluso horaria, de una respuesta, ya no quiero esperar más, sino que le escribo porque no puedo retener por más tiempo mi urea química, y espero revelar que puedo obtener urea sin la necesidad de un riñón de perro o de hombre; la sal amónica del ácido ciánico es urea. Quizá aún recuerde usted los experimentos que realicé durante esos días felices cuando aún estaba trabajando con usted, y encontré que siempre que intentaba combinar el ácido ciánico con amoníaco aparecía una sustancia cristalina blanca que no se comportaba ni como el ácido ciánico ni como el amoníaco.
>
> Revisando las hojas de mi libro de notas me topé de nuevo con eso, y pensé para mis adentros que durante la combinación del ácido ciánico y el álcali los elementos pueden combinarse en las proporciones esperadas, pero asociarse de forma diferente, quizá formando, por ejemplo, una sal vegetal o algo similar. Tomé esto como un asunto que encajaría en un período corto de tiempo, una

pequeña empresa que sería rápidamente completada y que, gracias a Dios, no requeriría ni una pesada.

El supuesto cianato de amonio lo obtuve fácilmente al reaccionar cianato de plomo con una solución de amonio. El cianato de plata y la solución de cloruro de amonio eran igualmente válidos. Se formaron prismas con cuatro caras y ángulos rectos, maravillosamente cristalinos. Cuando éstos se trataban con ácidos, no se liberaban ácidos ciánicos, y con álcalis no había traza alguna de amoníaco. Pero con ácido nítrico se formaban unas lustrosas escamas de un compuesto fácilmente cristalizable, de carácter fuertemente ácido; estaba dispuesto a aceptar que esto era un ácido nuevo porque cuando se calentaba no se producía ni ácido nítrico ni nitroso, sino una gran cantidad de amoníaco. Luego encontré que, si se saturaba con un álcali, el denominado cianato de amonio reaparecía y que éste se podía extraer con alcohol. Ahora, de repente, ¡lo tenía! Todo lo que hacía falta era comparar la urea de la orina con esta urea del cianato.

Si, como me parecía, de la reacción entre el cianato de plomo y el amoníaco no había más producto que urea, se seguía que, para completar el puzle, la urea de la orina debía tener la misma composición que el cianato de amonio. Y éste es el caso porque el análisis de Prout da para la urea = 4N + 2C + 8H + 2O, lo mismo que el cianato de amonio con un átomo de agua. Este contenido de agua se admite sólo supuestamente, pero es tan bueno como si fuese definitivo. Tenemos aquí un caso incuestionable de dos cuerpos diferentes que tienen los mismos elementos en las mismas proporciones, donde sólo la manera distinta de combinarse los constituyentes conduce a las propiedades diferentes.

Pero, aunque esta interacción entre el ácido ciánico y el amoníaco produce urea, también podría ser posible otra reacción (por ejemplo, si fuese posible hacer una combinación directa de ácido ciánico y amoníaco), proporcionando el verdadero cianato de amonio, a partir del cual la base y el ácido podrían ser regenerados. Esto establecería la idea de Gay-Lussac del ácido ciánico y fulmínico y de los dos hidrocarburos de Faraday. Los hechos también muestran lo improbable de la teoría de que, por ejemplo, el alcohol está compuesto de un hidrocarburo y de anhídrido carbónico, o de etileno y vapor. Puesto que nosotros podemos mostrar ahora mediante puro cálculo que el cianato de amonio y la urea tienen la misma composición, quizá también un cálculo mostraría una relación entre muchas otras sustancias. Por ejemplo, si se considerase al ácido nítricourea como una sal, quizá

se podría demostrar que varias o todas las bases de las sales vegetales podrían ser compuestos de amoníaco con ácidos orgánicos conocidos. ¿Qué se produciría si un fulminato se descompusiera con amoníaco? Quizá el verdadero cianato de amonio. ¿Puede considerarse que esta formación artificial de urea es un ejemplo de la formación de una sustancia orgánica a partir de material inorgánico? Es evidente que para hacer cianatos (y para hacer amoníaco) siempre tenemos que comenzar con una sustancia orgánica y un «filósofo natural» diría que la organicidad [*Organische*] había residido en el carbono animal y no había desaparecido del cianato derivado y que, por tanto, siempre se puede hacer un compuesto orgánico a partir de éste.

Suyo,

WÖHLER

Puedo esperar unas líneas suyas sobre esta historia. Doscientos mil saludos a [Heinrich] Magnus, ¡es un escritor perezoso!

Berzelius reconoció la importancia del hallazgo de su antiguo discípulo, como se comprueba en la carta, en la que no faltaban algunas bromas, que le escribió el 7 de marzo de 1828:

Si la inmortalidad de un hombre puede comenzar con la urea, usted ha encontrado un camino para completar su viaje al cielo, y definitivamente usted, querido doctor, ha descubierto el arte de hacer un nombre inmortal. El aluminio y la urea, dos cosas muy diferentes tan rápidamente seguidas una de otra, brillarán como gemas en su corona de laurel. Y si la cantidad de material artificial no es la suficiente, ¡usted puede fácilmente completarla con parte del orinal nocturno! Si tiene usted éxito aumentando aún más la producción de posibilidades (la *vesiculae seminalis* está muy cerca de la vejiga), ¡qué proeza tan extraordinaria sería el producir un bebé en los laboratorios de la Escuela Industrial! ¿Quién sabe? Podría ser muy fácil.

Pero basta de burlas, especialmente porque tengo que darme prisa para escribir acertadamente el informe. Realmente es un descubrimiento bonito e importante y me da un gran placer conocerlo. Resulta singular que la naturaleza de tipo sal desaparezca tan completamente cuando el ácido y el amoníaco se combinan y será ciertamente significativo para las futuras teorías.

Sin embargo, por favor, por nada del mundo abandone usted el

estudio de los minerales de berilio y de itrio. Concedo la mayor importancia a esto y, si no hubiese parecido, como así fue, que había puesto todos los huevos en la misma cesta, le hubiese dado a Magnus un trozo de gadolinio y al mismo tiempo le hubiese puesto a trabajar en la reducción del mineral de itrio.

El consuelo de un colega y amigo: Justus von Liebig y Wöhler

Nunca está de más recordar —utilizo algunas de las cartas de este libro con tal fin— que los científicos son también seres humanos a los que afectan las penas, alegrías, miserias o virtudes igual que a cualquier otra persona. Y que en las relaciones entre ellos también se tratan estos aspectos. Así, cuando la esposa de Wöhler —con la que se había casado en Kassel en 1830— falleció en 1832, el muy notable químico orgánico Justus von Liebig (1803-1873) intentaba consolarlo en una carta fechada el 15 de junio de 1832:

Mi pobre querido Wöhler:

¿Quién podría haber previsto semejante terrible desgracia después de una relación tan feliz?; mi pobre amigo, qué vacías son las palabras de consuelo después de tal pérdida. No puedo decirle, no puedo expresar los sentimientos que me ha producido recibir las noticias; fue como si yo mismo hubiera experimentado la pérdida. ¡Cuando pienso lo satisfecho y feliz que usted estaba en su situación doméstica y el afecto y amor que se tenían uno con el otro, y ahora este impactante desmembramiento de todas sus esperanzas, este naufragio de todos sus deseos! La buena esposa, tan joven, tan llena de vida y bondad, y para sus padres y para usted [una pérdida] tan irreparable. Venga con nosotros, querido Wöhler, si podemos suministrarle algún consuelo y ayuda para curar su pena. Podemos ocuparnos de algo. He comprado alguna amigdalina de París [a Pelouze] y tendré unas 25 libras de almendras amargas para trabajar. No debe viajar, debe estar ocupado, pero no en Kassel [la ciudad en cuya Escuela Superior de Comercio era entonces profesor Wöhler; lo fue entre 1831 y 1836]. Pienso que su pena desaparecerá trabajando y, querido amigo, será mejor para usted si comparte su pena con un amigo.

Véngase con nosotros; le espero para el final de la semana.

Wöhler siguió el consejo de Liebig y de su estancia con él surgió un artículo conjunto, importante en la historia de la química, sobre la composición del aceite de almendras amargas: Justus von Liebig y Friedrich Wöhler, «Untersuchungen über das Radikal der Benzoesäure», *Annalen der Pharmacie 3* (1832, pp. 249-282).

LIEBIG, LA QUÍMICA Y LA INDUSTRIA*

Como señalé en el capítulo anterior, Justus von Liebig fue un químico muy notable, una de las cumbres de la química del siglo XIX. Un momento crucial en la carrera de Liebig se produjo en 1831, cuando, siendo profesor en la Universidad de Giessen, desarrolló un aparato para analizar compuestos orgánicos que era lo suficientemente sencillo como para que sus estudiantes lo utilizaran de manera sistemática para resolver nuevos problemas, esto es, para investigar. Él mismo elucidó de inmediato la composición de catorce alcaloides y de otros compuestos. Cuando Liebig llegó a Giessen, la mayor parte de los químicos alemanes todavía se ocupaban únicamente de cuestiones relativas a la química inorgánica, aunque la orgánica ya había comenzado a atraer interés, pero un problema serio era las discrepancias entre los diferentes resultados de los análisis de compuestos orgánicos. Con el aparato de Liebig se superaba esta dificultad, lo que reforzó el interés y las posibilidades de la química orgánica. En 1835, Berzelins, el gran maestro de los antiguos métodos, escribía a Wöhler: «Todos los días utilizamos el aparato de Liebig. Es espléndido. Con pequeñas modificaciones hemos llegado tan lejos que parece imposible que los resultados que se obtienen no sean correctos».

Un aspecto de la carrera de Liebig es que desde prácticamente el principio fue sensible a la dimensión aplicada de la química, en particular de sus aplicaciones, digamos, sociales. Además, a través de sus estudiantes, su influencia se extendió del mundo académico al industrial. En el primero, muchos de sus mejores alumnos (Friedrich August Kekulé, August

Wilhelm Hoffmann, Charles Frédéric Gerhardt y Charles Adolphe Wurtz, entre otros) obtuvieron puestos académicos, con frecuencia apoyados por el propio Liebig. Estos nuevos profesores extendieron los métodos de enseñanza de su maestro. En el segundo, el industrial, su influencia se manifestó de dos maneras. Una, a través de algunos de sus estudiantes; Heinrich E. Merck, por ejemplo, fundó en Darmstadt, animado por Liebig, la Chemische Fabrik E. Merck para la producción en gran escala de productos farmacéuticos. El éxito de la empresa hizo que fuese expandiéndose. Uno de los lugares en los que se introdujo fue en Estados Unidos, de la mano de un miembro de la familia, George Merck, que se trasladó a Nueva York en 1891 y estableció allí una tienda que suministraba productos sobre todo a los farmacéuticos de la ciudad y sus alrededores. En 1897, sus ventas alcanzaron el millón de dólares y contaba con un edificio propio de seis plantas, aunque pronto se instaló en New Jersey. Estrictamente se trataba de una nueva compañía, denominada Merck & Co., de la que la Merck alemana poseía una parte de las acciones; esta situación se mantuvo hasta 1917, cuando el Gobierno norteamericano, tras entrar Estados Unidos en la Primera Guerra Mundial, se apropió de las acciones que poseía la firma de Darmstadt. Con la ayuda de inversores de Nueva York, George Merck compró esas acciones al Gobierno. Así comenzó la historia independiente de la Merck & Co. estadounidense, que con el paso del tiempo se convertiría en uno de los gigantes del mundo farmacéutico, la multinacional Merck, Sharp & Dohme, como se denomina en la actualidad.

En lo que se refiere a las aplicaciones de la

química que él mismo protagonizó, sobresalen la agricultura y la fisiología, como muestra el libro que publicó en 1840 y que tuvo una gran repercusión: *Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie* (*Química orgánica y sus aplicaciones a la agricultura y a la fisiología*), publicado el mismo año de su aparición en inglés (*Animal Chemistry or Organic Chemistry in its Applications to Agriculture and Physiology*). Asimismo, dedicó esfuerzos a los alimentos cárnicos. De particular interés por su repercusión son el extenso artículo («Über die Bestandteile der flüssigkeiten des fleiches», *Annalen der Chemie 62*, pp. 257-369) y el libro que publicó en 1847, *Chemische Untersuchungen über das Fleisch und seine Zubereitung zum Nahrungsmittel* (*Estudios químicos sobre la carne y su preparación para alimentos*), que apareció el mismo año en inglés (*Research on the Chemistry of Food*). Liebig produjo un extracto de carne de vacuno, denominado *extractum carnis Liebig*, con el propósito de crear un sustituto de la carne que fuera barato a la vez que nutritivo. La idea y técnica propuesta por Liebig tardó en llevarse a la práctica industrial. Lo hizo a partir de 1862 gracias a un ingeniero ferroviario alemán, George Christian Giebert, que comprendió que se podía aplicar la abundante ganadería sudamericana —recordemos que todavía no existía el congelado ni el enlatado— para producir y exportar extracto de carne a un precio mucho más barato que el que tenía en Europa. Con la autorización de Liebig y el apoyo de un grupo de empresarios y ganaderos, Giebert fundó la Societé de Fray Bentos Giebert & Cie, que tenía su base operativa en una fábrica construida en Uruguay. A finales de 1864 se habían exportado 50.000 libras de extracto de

carne por valor de 12.000 libras esterlinas, lo que da idea del éxito de la empresa. En 1865, Liebig aceptó dirigir la empresa, que amplió su radio de acción con la creación en diciembre de aquel mismo año de la Liebig's Extract of Meat Company, con sede en Londres, y que en 1908 fue comercializado —introduciendo variantes— por la empresa suiza Maggi y, en 1910, por la británica Oxo. En España, descendiente de la técnica de Liebig, pero también con variantes, ha sido el Avecrem de la compañía catalana, fundada en 1937, Gallina Blanca.



Extracto de carne Liebig.
© *The History Collection/Alamy/ACI*

La idea del extracto de carne trajo bienestar económico a Liebig, un bienestar que siempre buscó, como revela lo que escribió al químico berlinés Heinrich Magnus en 1858:

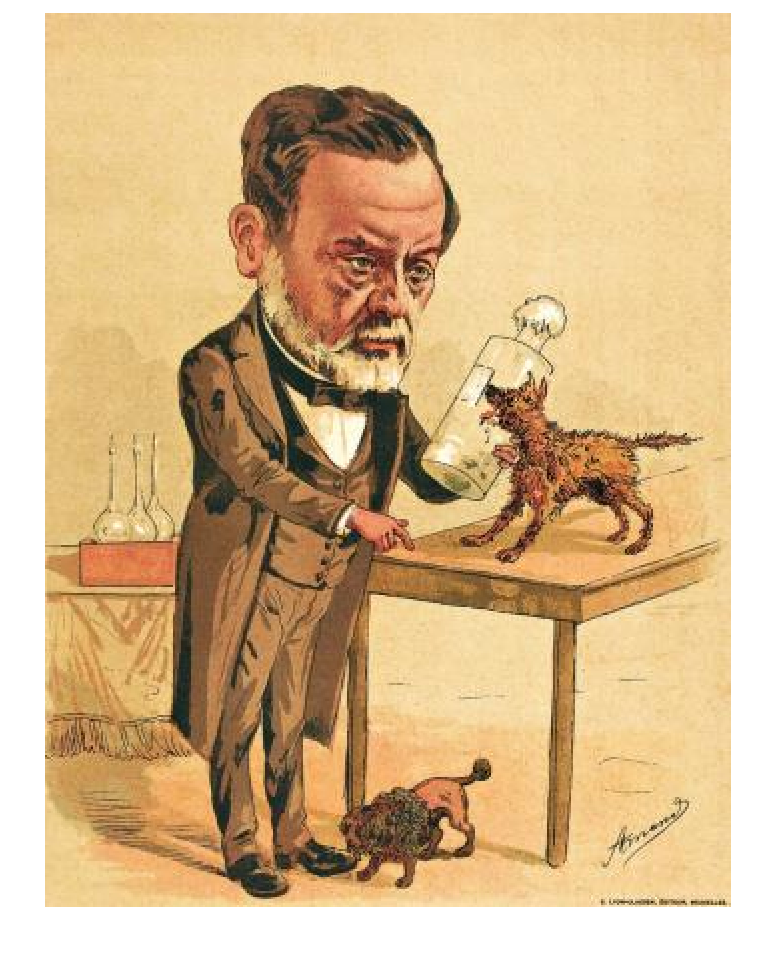
> Quiero eliminar la manufactura de espejos de mercurio y su perniciosa influencia en la salud de los trabajadores, y ofreceré espejos que los sustituyan en sus casas, que duren más tiempo, sean mejores que los de amalgama y al mismo tiempo más baratos. Si esto me recompensa con independencia [económica], todos mis deseos serán satisfechos. Mi posición aquí [en Múnich], comparada con la de otros, es espléndida, pero, querido Magnus, cuando uno ha llegado a su 72 semestre [esto es, treinta y seis años de enseñanza; Liebig tenía entonces cincuenta y cinco años] el maestro perpetuo ya está agotado. Si, como ha hecho [Charles Frédéric] Kuhlmann [químico francés que en 1829 había establecido su propia industria química para producir ácido sulfúrico y que más tarde se convirtió en el grupo Pechinery Ugine Kuhlmann], nos hubiésemos dedicado al lado aplicado de nuestra ciencia y si hubiésemos tenido solo la mitad de éxito que él ha tenido en su campo, al igual que él habríamos hecho millones. Yo no tengo una pizca de envidia, pero cuando uno ha criado hijos cuyos caminos en la vida deberían ser fáciles, inevitablemente hace tales comparaciones. En Francia e Inglaterra es diferente; la gente no tiene que dar clases hasta que sus dientes se caen. El negocio de los espejos tal vez me ofrezca los medios para liberarme, y quiero probar. Quiero tomar una patente en Prusia y en otros países y adquirir una base firme para la manufactura. Si no lo consigo, me arriesgo a perder todo lo que he empleado en tiempo y en inenarrable trabajo.

34
PASTEUR, ENTRE LA CIENCIA BÁSICA Y LA APLICADA*

Louis Pasteur (1822-1895) es uno de los grandes nombres de la historia no ya de la ciencia únicamente, sino de la humanidad. Su obra cubre diversos campos, comenzando por la estereoquímica, la disciplina que estudia las formas tridimensionales alternativas de las moléculas orgánicas —a ella dedicó su tesis doctoral (1847), en la que estudió el ácido tartárico y en la que continuó trabajando hasta 1857—, y siguiendo por la fermentación, la generación espontánea, que demostró que no existía (1857-1865), las enfermedades del gusano de seda (1865-1870), estudios sobre la cerveza (1871-1876) y sobre enfermedades infecciosas (1876-1895).

La mera lectura de la lista anterior muestra la amplitud de intereses y aportaciones de Pasteur. De entrada, dos hechos saltan a la vista: (a) fue un químico y físico que terminó ocupándose de problemas médicos, y (b) no eludió las investigaciones aplicadas. En realidad, ambos aspectos de su carrera están íntimamente relacionados, en una mezcla casi indisoluble en la que se halla una parte importante de la explicación de sus éxitos. Por un lado, sus conocimientos químicos y físicos hacían de él un magnífico candidato a practicante de la medicina científica defendida por Claude Bernard; por otro, no era ajeno al mundo que le rodeaba, por ejemplo, al mundo de la industria de la seda o de la cerveza, al mundo agrícola o al de las enfermedades (si como muestra sirve un botón, he aquí el título de uno de sus

trabajos, y no menor: *Études sur le vin: ses maladies, causes qui les provoquent, procédés nouveaux pour le conserver et pour le vieillir* (*Estudios relativos al vino, sus enfermedades, causas que las producen, nuevos procedimientos para conservarlo y envejecerlo*, 1866). Ambos rasgos le fueron llevando, en una secuencia que a veces se considera inevitable, de un tema de investigación a otro. Así, sus estudios sobre quiralidad molecular le condujeron a ocuparse del alcohol amílico, que también mostraba actividad óptica. Ahora bien, resulta que el alcohol amílico desempeña un papel importante en la fermentación láctica. Se abría de esta manera la puerta a las investigaciones de Pasteur sobre fermentación, un hecho que él mismo reconoció y explicó en la sección inicial de su primer artículo en este campo, «Memoria sobre la fermentación llamada láctica» (1858), que suele considerarse el inicio de la bacteriología como ciencia:



Caricatura de Louis Pasteur.

Creo que es mi deber indicar con algunas palabras cómo me he visto conducido a ocuparme de investigar las fermentaciones. Habiendo aplicado hasta el presente todos mis esfuerzos en tratar de descubrir los vínculos que existen entre las propiedades químicas, ópticas y cristalográficas de ciertos cuerpos, con el fin de aclarar su constitución molecular, quizá pueda asombrar el verme abordar un tema de química fisiológica, muy alejado en apariencia de mis primeros trabajos. Sin embargo, están relacionados de forma muy directa.

Disponemos de la correspondencia de Pasteur

gracias a los esfuerzos de uno de sus yernos, René Vallery-Radot, escritor y primer biógrafo de Pasteur y marido de Marie-Louise, una de sus cuatro hijas (tuvo también un hijo). El hijo de René, Pasteur-Vallery-Radot —así firmaba— continuó esa tarea; publicó, en cuatro volúmenes, la correspondencia de Pasteur.

Una carta muy interesante es la que Pasteur dirigió al ministro de Instrucción Pública en abril de 1862. En ella podemos ver que ya tenía establecido el programa de investigación que, básicamente, desarrollaría a lo largo de su carrera. Además de los detalles que incluía sobre los resultados que ya había obtenido, y con el propósito, que de hecho manifestaba, de conseguir la ayuda del ministro para sus trabajos posteriores, hacía hincapié en la importancia de la investigación básica, de la ciencia pura, lo mismo que harían en el futuro muchos otros científicos:

> Señor ministro:
>
> «Los vegetales obtienen del aire que les rodea, del agua y en general del reino mineral las materias necesarias para su organización.
>
> »Los animales se alimentan o de vegetales o de otros animales que, a su vez, se han alimentado de vegetales, de manera que las materias que ellos forman han sido siempre, como resultado último, extraídas del aire o del reino mineral.
>
> »Finalmente, la fermentación, la putrefacción y la combustión devuelven, de manera perpetua, al aire de la atmósfera y al reino mineral los principios que los vegetales y los animales tomaron en préstamo. ¿Mediante qué procedimientos la naturaleza opera esta maravillosa circulación entre los tres reinos?»
>
> Estas palabras, señor ministro, extraídas literalmente de un artículo póstumo que una mano piadosa ha encontrado entre los manuscritos de Lavoisier, dan a conocer con una claridad admirable los tres términos del gran problema de la perpetuidad de la vida sobre la superficie terrestre. Los dos primeros constituyen el objetivo único de los trabajos de la fisiología

moderna. En cuanto al tercero, es decir, sirviéndome de las palabras de Lavoisier, el retorno perpetuo al aire atmosférico y al reino mineral de los principios que los vegetales tomaron prestados, es un tema de estudio que apenas ha sido abordado.

Casi no me atrevo, señor ministro, a tener que deciros que es esto lo que yo tengo la pretensión de abordar. Al menos, esclarecerlo mediante los experimentos directos a los que he dedicado mis esfuerzos desde hace mucho tiempo, feliz de haber aportado ya algunas aclaraciones, así como de tratar más tarde de hacer que usted las aprecie. Antes deseo, señor ministro, darle hasta cierto punto una medida del interés de estos trabajos.

Sabemos que las materias extraídas de los vegetales fermentan cuando se las deja a su aire, y que desaparecen poco a poco en contacto con el aire. Sabemos que los cadáveres de los animales se pudren y que poco después no queda más que sus esqueletos. Estas destrucciones de la materia orgánica muerta son una de las necesidades de la perpetuidad de la vida. Si los restos de los vegetales que han dejado de vivir, si los animales muertos no se destruyeran, la superficie terrestre estaría abarrotada de materia orgánica, y la vida se haría imposible, porque el círculo de transformación, cuya expresión he tomado prestada de Lavoisier, no se podría cerrar. En otras palabras, cuando en un ser vivo los movimientos intestinales que regulan las leyes de la vida empiezan a detenerse, la obra de la muerte no hace más que comenzar. Hace falta, para finalizarlo, que la materia orgánica del cadáver, no importa animal o vegetal, regrese a la simplicidad de las combinaciones minerales. Hace falta que la fibrina de nuestros músculos, la albúmina de nuestra sangre, la gelatina de nuestros huesos, la urea de nuestra orina, lo leñoso de los vegetales, el azúcar de sus frutos, la fécula de sus granos..., se reduzcan poco a poco al estado de agua, de amoníaco y de dióxido de carbono, con el fin de que los principios elementales de estas materias orgánicas complejas puedan ser retomadas por las plantas, elaboradas de nuevo y servir de alimento a nuevos seres parecidos a ésos que les han dado su nacimiento, y así de inmediato, perpetuamente, a lo largo de la duración de los siglos.

¿Cómo tienen lugar todas estas transformaciones? He aquí el problema, que se subdivide en una multitud de otros problemas llenos de interés y de futuro, a cuya resolución yo pretendo atreverme. Ya les he dedicado seis años de asiduo trabajo, y me parece que puedo añadir con confianza que mis primeros resultados dejan entrever ya la ley más general de este orden de fenómenos. He llegado, en efecto, a la conclusión de que la destrucción de las materias orgánicas se debe principalmente a la

multiplicación de unos seres microscópicos organizados, que gozan de las propiedades especiales de disociación de las materias orgánicas complejas, o de la combustión lenta y de la fijación del oxígeno, propiedades que hacen de estos seres los agentes más activos de este necesario retorno a la atmósfera de todo lo que ha tenido vida, algo de lo que hablaré luego.

He demostrado que la atmósfera, en cuyo seno vivimos, transporta sin cesar los gérmenes de estos seres microscópicos, siempre dispuestos a multiplicarse en el seno de la materia muerta, a fin de cumplir con el papel de destrucción que es correlativo a su propia vida. Y si Dios no hubiese hecho las leyes orgánicas que presiden las mutaciones de los tejidos y de los líquidos del cuerpo de los animales obstaculizando su propagación, al menos en las condiciones de vida normal y de salud, estaríamos expuestos a cada instante a ser invadidos por ellos. Pero desde el momento en que el aliento de la vida se extingue, no existe parte alguna de un organismo vegetal o animal que no se convierta en adecuado para servirles de alimento. Resumiendo, después de la muerte, la vida reaparece bajo otra forma y con nuevas propiedades. Los gérmenes de los seres microscópicos expandidos por todas partes comienzan su evolución y, bajo su influencia, bien se gasifica la materia orgánica por fermentación, bien se fija sobre ella el oxígeno del aire, en proporciones considerables, y poco a poco tiene lugar la combustión completa.

Usted intuye desde ahora, señor ministro, cómo es de extenso y útil el recorrer este campo de estudio, que ofrece tantas relaciones con las diversas enfermedades de los animales y de las plantas, y que ciertamente son un primer paso en el camino tan deseable de investigaciones serias sobre las enfermedades pútridas y contagiosas. Pero permítame, señor ministro, que me deje de generalidades y que os haga tocar con el dedo, por así decir, uno de los numerosos fenómenos que están ligados a la ley universal de la muerte y destrucción de todos los seres vivos.

Que nuestra imaginación se imagine, si es posible, la enorme masa de principios azucarados que acumula la naturaleza cada año en todas las plantas que vegetan sobre la superficie del globo. Hace falta, necesariamente, que estos millardos de kilos de azúcar sean destruidos, retornando al aire de la atmósfera. El hombre, que utiliza una parte de este azúcar en su alimentación, al quemar una parte por el acto de la respiración, no hará que sea menor la combustión completa de esas masas incalculables de azúcar. Pues, repito, está en las leyes de la permanencia de la vida sobre la superficie terrestre el que todo lo que forma parte de un vegetal y

de un animal sea destruido, y que se transforme en sustancias gaseosas volátiles y en minerales.

¿Cuáles son los métodos con cuya ayuda la naturaleza puede destruir esas cantidades prodigiosas de materia azucarada que el organismo vegetal elabora cada año? Desde que una parte cualquiera de un caldo azucarado se abandona a su suerte, el aire le aporta el germen de un pequeño vegetal mohoso que se propaga en él con una notable facilidad, y correlativamente a su vida y a su multiplicación el azúcar se transforma en alcohol y en dióxido de carbono. Este pequeño vegetal es uno de los numerosos fermentos organizados del azúcar. Vemos que, en esta primera fase de los fenómenos, el azúcar empieza ya parcialmente a retornar al aire, porque uno de los principios de su descomposición es el gas dióxido de carbono. Pero queda el alcohol que a su vez debe ser destruido. Yo he establecido recientemente con total certeza que el alcohol se destruye bajo el efecto de un vegetal microscópico distinto del precedente, cuyo germen es igualmente aportado por el aire en el nuevo líquido alcohólico y que este vegetal goza de la muy notable propiedad de fijar el oxígeno del aire en el alcohol para convertirlo en ácido acético; luego, si la acción de este vegetal microscópico continúa, la oxidación de la que él es agente necesario se sustenta en el propio ácido acético, transformando por completo este ácido en agua y en dióxido de carbono, que son los términos extremos de la destrucción del azúcar y de su regreso íntegro al aire de la atmósfera. Los pequeños seres microscópicos son los agentes ocultos de este fenómeno natural, gracias a las propiedades admirables que Dios les ha otorgado.

No hace falta añadir que deteniendo la combustión del azúcar en su término alcohol, y la combustión del alcohol a su término ácido acético, la industria humana ha creado el vino, la cerveza..., el vinagre.

Y vea, señor ministro, cómo la ciencia pura, dentro de lo que tiene de más elevada, no puede avanzar ni un paso sin beneficiar, más pronto o más tarde, con sus preciosos resultados a las aplicaciones industriales. En efecto, al estudiar la serie de fenómenos que acabo de mencionar, desde el punto de vista exclusivo de su causa primera y de los agentes misteriosos que los determinan, he distinguido dos principios nuevos en todos los líquidos fermentados, el ácido succínico y la glicerina, que está incluida, por ejemplo, en el vino, en la considerable proporción de 8 a 9 gramos por litro. Este hecho no se había sospechado hasta ahora y, por decirlo de pasada y añadir un rasgo más a la fecundidad de las aplicaciones de la ciencia pura, esta

circunstancia hacía imposible la fabricación artificial de vino en la época de la enfermedad de la viña, época en la que el emperador en su alta diligencia soñaba, por así decir, con reemplazar el vino natural que faltaba por un vino artificial compuesto de los mismos principios. Seguramente, se hubiese podido responder al deseo del emperador mediante la preparación de una bebida que se hubiese parecido al vino, pero a la que le hubiese faltado fuerza, ya que se ignoraba la presencia en el vino natural de alrededor de 7 u 8 gramos de glicerina por litro; y como la glicerina es un elemento esencial de todas las materias grasas, se puede suponer que ese vino artificial habría estado privado de uno de sus elementos más beneficiosos. Por último, para finalizar esta apreciación de los servicios que la ciencia pura rinde a las aplicaciones, incluso sin pensar en ellas y como de añadido, el descubrimiento reciente que acabo de dar a conocer a la Academia del fermento vegetal microscópico que transforma el alcohol en ácido acético me va a permitir señalar un nuevo procedimiento de gran simplicidad para la fabricación de este ácido, del que la industria sabrá sin duda beneficiarse.

Tengo miedo, señor ministro, de abusar de su indulgencia si profundizo más en el examen de los resultados a los que ya he llegado. No obstante, tendría una cierta satisfacción comentándole pese a todo un resultado extraño; quisiera hablarle sobre el conocimiento de la animalcula [*animalcule*] infusoria, uno de los agentes principales de la putrefacción, y que goza de la facultad singular, que las ciencias naturales no habían constatado todavía, de vivir sin aire; que, más bien, se ve herida de muerte cuando se pone en contacto con ese fluido, a la vez que pierde su maravilloso poder de putrefacción. Pero me basta con haber intentado hacerle comprender la meta hacia la que tienden todas mis investigaciones actuales. Es la prosecución, con la ayuda de una experimentación rigurosa, del papel fisiológico, inmenso a mi parecer, de los infinitamente pequeños en la economía general de la naturaleza.

La Academia de Ciencias, al haber otorgado a mis primeros estudios sobre esta materia dos grandes premios de los que dispone, el Premio de Fisiología Experimental en 1859, el Premio Jecker en 1861, me permite el honor de adjuntar a esta nota los informes sobre estos premios de los señores Claude Bernard y [Michel Eugène] Chevreul. Estos testimonios de alta estima, señor ministro, del primer cuerpo de sabios de Europa, serán para Vuestra Excelencia una garantía del buen uso de su generosidad, y de los esfuerzos que no dejaré de hacer, a fin de responder, tan dignamente como me sea posible, al deseo que el emperador ha

tenido a bien manifestaros, y al interés imprevisto que Su Majestad se ha dignado tomar sobre mis trabajos.

Quedo con el respeto más profundo, señor ministro, de Vuestra Excelencia el más humilde y devoto servidor,

PASTEUR.

Acorde con su idea de caminar, por así decir, entre dos aguas, las de la ciencia básica y la aplicada, de la fermentación, Pasteur pasó a ocuparse de las alteraciones en los vinos. De hecho, en más de un sentido se trataba de un paso natural, como el propio Pasteur reconoció en una carta que escribió el 25 de agosto de 1864 al alcalde de Arbois, donde poseyó una casa que nunca abandonó y pasó los años de 1830 a 1839:

Sr. alcalde:

Tengo el honor de acusar recibo de la notificación de una deliberación del Consejo Municipal de la Villa de Arbois con fecha del 31 de julio último, en función de la cual, en relación con mis estudios sobre los vinos, se pondrá a mi disposición en Arbois un local para instalar un laboratorio cuyos gastos serán cubiertos por la villa.

Esta iniciativa completamente espontánea del Consejo Municipal de una villa que me es tan querida por tantos motivos honra mucho, señor alcalde, a mis modestos trabajos, y los considerandos que la acompañan me emocionan.

Mis investigaciones sobre las fermentaciones me han conducido de manera natural a examinar las causas de las alteraciones de los vinos. Comencé este estudio con la idea de que los resultados a los que llegase acaso conducirían a encontrar medios para prevenir esas enfermedades tan perjudiciales al comercio de los vinos franceses. El emperador, que vela con tanta solicitud de todo lo que puede acrecentar la prosperidad del país, se ha dignado, como lo recuerda la deliberación del Consejo, a animarme en esta dirección.

Al aceptar la oferta del Consejo Municipal, creo comprometerme yo mismo a realizar algún descubrimiento útil a mis compatriotas, y éste es el tipo de servicio y propósito al que un hombre de ciencia puede aspirar desde hace mucho tiempo sin

lograrlo jamás.

En sus investigaciones sobre la fermentación, tal y como apuntaba en su carta al ministro de Instrucción Pública, Pasteur demostró que ésta era resultado de la acción de organismos vivos microscópicos, que no se producía cuando se excluían o aniquilaban (sometiéndoles, por ejemplo, a la acción del calor, la forma más primitiva de un proceso que, tras ser perfeccionado, recibió en honor suyo el nombre de *pasteurización*). Al llegar a semejantes conclusiones, Pasteur se había adentrado, lo quisiese o no, en una cuestión tan básica como de larga historia: la de si era posible la generación espontánea, esto es, si de sustancias inanimadas pueden surgir seres vivos. En el curso de sus investigaciones sobre la fermentación, Pasteur puso punto final de manera definitiva a esta cuestión. En primer lugar, demostró que existen microorganismos que viven en el aire que nos rodea y que pueden contaminar incluso el cultivo más estéril. A continuación, mostró que si se introducía un caldo de cultivo estéril en un recipiente sellado al vacío, en el que no podía penetrar el aire, no surgía en él microorganismo alguno. En una conferencia que pronunció en la Sorbona en 1864 («La generación espontánea»), manifestaba orgullosamente:

> No, no hay ninguna circunstancia hoy conocida en la que se pueda afirmar que los seres microscópicos han venido al mundo sin gérmenes, sin padres semejantes a ellos. Los que lo pretenden han sido juguete de ilusiones, de experiencias mal hechas, plagadas de errores que no han sabido percibir o que no han sabido evitar.

Establecido este punto y sabiendo además, por sus estudios sobre la fermentación, de la importancia de los gérmenes en procesos microscópicos, era razonable pensar en aplicar el nuevo planteamiento al origen de las enfermedades. Pasteur llevó finalmente semejante convicción a la investigación médica, como él mismo reconoció en una conferencia que leyó ante la Academia de Medicina de París en 1878 (y en cuya preparación le ayudaron dos de sus colaboradores, Jules-François Joubert y Charles Chamberland), «La teoría de los gérmenes y sus aplicaciones a la medicina y la cirugía»:

> Todas las ciencias ganan si se prestan un apoyo mutuo. Cuando después de mis primeras comunicaciones sobre las fermentaciones en 1857-1858 se pudo admitir que los fermentos propiamente dichos son seres vivos, que en la superficie de todos los objetos, en la atmósfera y en las aguas abundan gérmenes de organismos microscópicos, que la hipótesis de una generación espontánea es una quimera, que el vino, la cerveza, el vinagre, la sangre, la orina y todos los líquidos del organismo no sufren ninguna de sus alteraciones comunes en contacto con el aire puro, la medicina y la cirugía han dirigido sus ojos a estas novedades tan evidentes.

En 1880, tras aislar el microbio responsable del cólera de las gallinas (un mal que podía matar hasta el 90 % de las gallinas de un corral), Pasteur consiguió disminuir su virulencia siguiendo la técnica que había desarrollado Edward Jenner en 1798, esto es, inyectando microbios debilitados en las gallinas. Estimulado por los resultados favorables que obtenía, aplicó el principio de la debilitación de los gérmenes para preparar vacunas contra la rabia, enfermedad infecciosa mortal que afecta a los perros y otros mamíferos, y que éstos pueden contagiar mediante mordeduras a las personas. Sus primeros estudios en

este campo comenzaron en diciembre de 1880, cuando un veterinario le llevó dos perros rabiosos y le pidió su opinión. Sólo había experimentado con perros cuando, en julio de 1885, le llevaron un niño de nueve años, Joseph Meister, a quien había mordido un perro rabioso. A pesar de no ser médico, Pasteur aceptó el desafío y experimentó la vacuna en el niño con éxito. Había nacido la vacunación moderna, que tardaría años en desarrollar nuevas técnicas: la primera, la introducción de vacunas obtenidas por ingeniería genética, que se iniciaron en 1983 y cuyo primer producto comercializado fue la vacuna contra la hepatitis B, en 1986; la segunda, ya en el siglo XXI, vacunas basadas en la acción del ARN.

La historia del valor y pericia de Pasteur al atreverse a tratar a Joseph Meister se ha repetido y repetirá, justificadamente, cientos de veces, pero aquí, y recurriendo a dos de las cartas que escribió, veremos otra faceta: la de sus temores y precauciones.

El 14 de diciembre de 1884, Pasteur escribía a un inidentificado «X»:

> Señor y muy respetado colega:
>
> Lamento profundamente no poder decirle que me traiga ese querido niño a París. No me atrevo todavía a intentar nada con el hombre. Un fracaso comprometería todo el futuro posible. ¡Ah!, si toda mordedura de un perro rabioso implicase fatalmente la muerte por la rabia, yo no dudaría. Mis experiencias de intentos por conseguir el estado refractario sobre los perros después de la mordedura van bien; pero tengo todavía muy pocos resultados. Desde hace cinco meses me he visto muy retrasado debido a dificultades imprevistas, felizmente superadas, gracias a una instalación que debe permitirme multiplicar a partir de enero mis pruebas de profilaxis.
>
> Resumiendo, éste es el estado de mis estudios:
>
> Usted me dirá: aquí están 25 perros, ¿puede usted asegurarme que, si yo hago que les muerdan perros rabiosos, podría, sin lugar

a dudas, hacer a los 25 refractarios a la rabia antes de que se desarrollase el mal, como consecuencia de la mordedura? Y yo me vería obligado a responder que no puedo contestar que ninguno de los 25 puede sufrir algún accidente de vacunación. Solamente cuando yo pueda decir que soy capaz de vacunar con seguridad, después de la mordedura, a un número cualquiera de perros mordidos, es cuando me atreveré a pasar al hombre. Y todavía mi mano temblará, porque lo que es posible para los perros puede no serlo para el hombre. De todas maneras, no tendré ya escrúpulos científicos.

Reciba, señor, la seguridad de mis sentimientos muy distinguidos.

L. PASTEUR

Que la familia del niño no se alarme excesivamente. ¡Hay tantas mordeduras, incluso no cauterizadas, que no tienen un fin fatal! La cauterización después de veinticuatro horas puede ser muy útil y eficaz.

No olvide, se lo ruego, escribirme cómo se comporta el niño dentro de un mes, en seis semanas y ulteriormente en dos o tres meses.

En los meses siguientes Pasteur continuó experimentando con perros. Seguía sin atreverse con personas. Una carta que escribió el 12 de junio de 1885 al alcalde de Levier (Doubs), quien le había escrito preguntándole si consentiría en cuidar a dos habitantes de esa localidad a los que había mordido un perro rabioso, así lo muestra:

Señor:

He recibido su carta de ayer, 11 de junio, relativa a ese niño y a su padre, mordidos los dos por un perro rabioso y sobre lo que habría que hacer.

Siento mucho informarle que todavía no puedo intentar llevar el estado refractario a la rabia a los seres humanos. Lo hago fácilmente con perros, incluso después de que han sido mordidos. No me encuentro lejos de atreverme a hacerlo sobre el hombre, pero el punto en que se hallan mis investigaciones no me permite todavía actuar sobre el hombre.

Diga con claridad a esas bravas gentes que la mordedura de un

perro rábico está lejos de anunciar siempre el mal. Tienen más de ochenta buenas posibilidades sobre cien de no adquirirlo.

Que no hagan nada, que no se dediquen a ningún remedio. No hay ninguno.

En su lugar, haga que un médico vigile atentamente a las personas a fin de identificar los menores cambios de carácter, excitación nerviosa, dolores de cabeza… y que me envíen un telegrama con las señales.

La muerte es invencible cuando comienzan los primeros síntomas, en general después de seis semanas, dos meses. No existe entonces ningún escrúpulo para actuar y yo intentaré cualquier cosa sin dudar, aunque sepa que en este momento es muy tarde para que funcione.

Estoy desolado por no poder decirle que haga venir a esas personas, pero la prudencia me ha aconsejado porque los métodos muy simples que empleo no han recibido el perfeccionamiento que espero.

Reciba, señor, la seguridad de mi consideración muy distinguida.

L. PASTEUR

Los consejos de Pasteur se siguieron y los afectados, vigilados cuidadosamente, no presentaron ninguna señal de la infección rábica. Menos de un mes después, el 6 de julio, Pasteur llevaba a cabo la citada primera vacunación antirrábica de la historia en una persona.

El éxito obtenido con Meister atrajo al laboratorio de Pasteur a personas no sólo de Francia, sino también de otras partes del mundo (sobre todo de Europa). El contenido de una carta que envió al cirujano y fisiólogo inglés Victor Horsley en agosto de 1886 nos da idea de la magnitud de este éxito (Horsley viajó a París en 1886, como secretario de una comisión establecida por el Gobierno británico para estudiar los procedimientos de Pasteur en la inmunización contra la rabia; los experimentos que más tarde realizó Horsley confirmaron el descubrimiento y método de

Pasteur, como señaló en un informe posterior):

A 22 de agosto de 1886, han sido tratados en mi laboratorio preventivamente contra la rabia, después de mordeduras por animales que tenían rabia o que se sospechaba que la tenían:

		Mortalidad
Francia y Argelia	1.324	4, Pelletier, Peytel, Lagut, Clédières
Inglaterra	68	0
Austria-Hungría	43	0
Alemania	9	0
América	18	0
Brasil	2	0
Bélgica	50	0
España	75	2, Gañardia Ribes (trece años) y Pita (setenta años)
Grecia	10	0
Portugal	24	0
Holanda	14	1, Meudenick (trece años)
Italia	138	0
Rusia	186	8, de lobos sobre 50 tratados 4, de perros sobre 136 tratados
Rumania	20	2
Suiza	2	0
Turquía	2	0
Bombay	1	0
Total	1.986	21, de los cuales 8 lo fueron por lobos. Y el resto (13) por perros

Esto representa una mortalidad de alrededor del 1 %, incluyendo las mordeduras de lobos. Y una mortalidad de alrededor del 1 por 150 por mordeduras de perros.

Si no consideramos más que los 1.324 tratados de Francia y Argelia, con cuatro muertos, la proporción es de un muerto por cada 330. De manera que la proporción más baja de muertes por rabia sobre cien mordidos, que habían osado invocar las personas hostiles al descubrimiento, la del 5 %, es completamente errónea. En cualquier caso, incluso con esta misma proporción del 5 %, los 1.324 mordidos de Francia y Argelia habrían correspondido a 65 muertos.

En mi comunicación del 1 de marzo de 1886 [«Résultats de l'application de la méthode pour prévenir la rage après morsure»], he dado la proporción de dieciséis muertos por cien

mordidos. Mi convicción es que esta proporción no es exacta y demasiado reducida. Con esta estimación, los 1.324 mordidos de Francia y Argelia habrían producido 112 muertos por rabia.

En definitiva, la eficacia del método es tal que sólo en cuatro casos ha sido ineficaz el tratamiento.

La difusión del método de Pasteur fue tal que, en 1907, al menos 51 institutos, distribuidos por Europa, Asia, América y África, utilizaban ya vacunas contra la rabia.

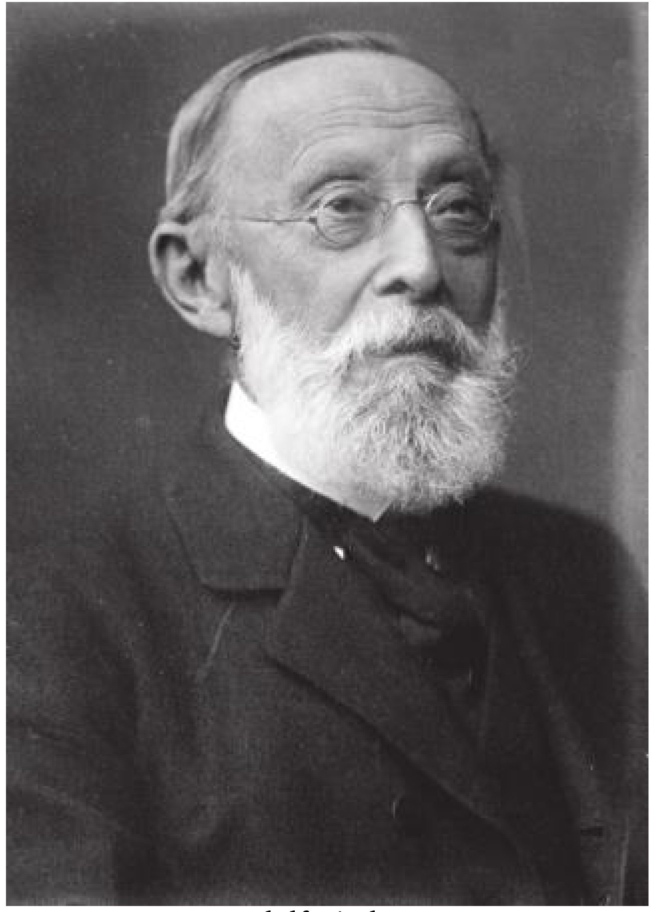
RUDOLF VIRCHOW Y SU FORMACIÓN MÉDICA*

El siglo XIX fue decisivo para la renovación de la medicina. La fisiología, la teoría microbiana de algunas enfermedades, la vacunación, la consolidación de la teoría celular, la introducción de la anestesia y los cuidados basados en la asepsia cambiaron radicalmente la medicina, haciéndola más segura y científica. Asociados a estos avances se hallan nombres como los de Johannes Müller, Hermann von Helmholtz, Claude Bernard, Louis Pasteur, Robert Koch, Joseph Lister, Santiago Ramón y Cajal, Edward Jenner, Ignaz Semmelweis y Rudolf Virchow (1821-1902).

Virchow hizo de la fisiología patológica su principal hogar científico. Entre sus descubrimientos se encuentran los de la leucemia y la mielina, y realizó estudios experimentales fundamentales sobre la trombosis, la flebitis y la triquinosis. Como patólogo, para averiguar dónde residían los problemas, cómo se mostraban los males en los tejidos de los órganos de los enfermos, Virchow basó sus trabajos en un ya longevo instrumento, el microscopio óptico, que en el siglo XIX abrió nuevas puertas a la observación gracias a los avances técnicos que experimentó. Considerado el auténtico «padre» de la teoría celular, el texto que recoge sus ideas y resultados se convirtió en uno de los grandes libros de la medicina del siglo XIX: *Die Cellularpathologie in ihrer begründung auf physiologische und pathologische gewebelehre* (*La patología celular basada sobre el estudio fisiológico y patológico de los tejidos*, 1858). Nadie antes que Virchow había defendido con tanta fuerza, y apoyándose en todo tipo de hechos, el papel central de la unidad celular en la

vida. Allí escribió:

> Al igual que un árbol constituye una masa dispuesta de una manera definida, en la que, en todas sus distintas partes, en las hojas al igual que en las raíces, en el tronco al igual que en los brotes, se descubre que las células son los elementos últimos, así ocurre con todas las formas de vida animal. *Todo animal se presenta como una suma de unidades vitales*, cada una de ellas manifestando todas las características de la vida.



Rudolf Virchow.

Cartas al padre

Natural de la pequeña ciudad de Schivelbein, que formaba parte de Pomerania (Prusia), la familia de Virchow no disponía de medios económicos suficientes para que su brillante y único hijo pudiese estudiar una carrera universitaria. Sin embargo,

existía una posibilidad, la Escuela de Medicina del Ejército de Prusia, el Friedrich-Wilhelms-Institut de Berlín, que proporcionaba educación gratuita a alumnos brillantes con la condición de unirse luego al ejército, la misma opción que, como hemos visto, también tomó Helmholtz. En 1839, Virchow pasó el examen y en octubre entró en el Instituto. Situado en el centro de Berlín, estaba estrechamente asociado a la Facultad de Medicina de Berlín y al Hospital de la Charité, la institución para educación médica más antigua de Prusia (se fundó en 1710).

Gracias a las cartas que el joven Virchow envió a su padre, Carl Christian Siegfried Virchow (1785-1865), es posible tener datos sobre la formación del futuro patólogo y reformador médico. Así, en una carta fechada el 5 de diciembre de 1839, Rudolf le explicaba la dureza de las lecciones y de las prácticas de anatomía, una información que sirve para apreciar cómo eran estas enseñanzas en aquella época:

> Por último, respondiendo a su tercera pregunta relativa a la disección de cadáveres, no hemos llegado a eso todavía. Como le escribí en mi última carta, asisto a las lecciones de anatomía todos los días de dos a tres de la tarde. Por supuesto, sólo se utilizan para esto ejemplares frescos, ya que sería imposible mostrar los músculos (esto es, la carne del cuerpo humano) de un cuerpo que es viejo, seco o conservado en alcohol. A veces únicamente hay cabezas, otras brazos o piernas, un tronco cortado, parte de una espalda con un pierna o parte del pecho con un brazo; en resumen, todas las variaciones posibles. El problema es que los cadáveres ahora escasean. De los 150 estudiantes que se suponen deben diseccionar, solamente 70 pueden mantenerse ocupados durante la semana, y con mucha frecuencia entre 8 y 15 se encuentran trabajando en un mismo cuerpo. Por el mismo motivo, incluso el profesor [Johannes] Müller no puede variar sus ejemplares con la suficiente frecuencia, sino que tiene que trabajar con el mismo el mayor tiempo posible. Actualmente tenemos lecciones de anatomía cada día de siete a ocho de la mañana en el Instituto, y utilizamos las mismas muestras que ha empleado el profesor para su clase magistral del día anterior. En

ocasiones, si se necesita una parte del cuerpo de mayor tamaño, que evidentemente es demasiado pesada para ser transportada, tenemos las clases en el propio Instituto Anatómico. En estas clases, el cirujano jefe docente acude a un alumno y le pide que haga él la demostración de la muestra. Pero si sucede que los músculos están demasiado profundos, bajo dos o tres capas de otros músculos, evidentemente tiene que doblar éstos hacia atrás a fin de poder mostrar los músculos de interés. Recientemente también ha sucedido que Müller impartió su clase magistral sobre los músculos utilizando *una única* cabeza durante toda la semana, y como el tiempo fue caluroso durante esa semana, la cosa apestaba de manera horrible. Durante una clase el cirujano jefe docente me pidió que mostrase un músculo que estaba muy profundo en el interior de la garganta. No hace falta que diga que tuve que girar la cabeza, o más bien el cráneo, boca abajo y luego meter mi mano a través de la garganta en la cavidad faríngea. Puede imaginarse el olor tan horrible que surgía de la garganta. No obstante, recientemente hemos tenido un olor aún peor. Müller levantó los músculos de la espalda y del abdomen, y utilizó para hacerlo un cuerpo entero cuyas piernas habían sido seccionadas por la mitad de los muslos. Estuvo enseñando sobre esto desde el martes hasta el sábado, y el lunes tuvimos repaso. El aspecto de la muestra era digno de ver; ¡el cuello estaba desgarrado, hecho jirones, el pecho yacía abierto, el abdomen colgaba en piezas y los intestinos sobresalían! Pero el olor era aún peor. Incluso el cirujano jefe, que estaba explicando la teoría de las hernias sobre el abdomen medio putrefacto, luchaba en varias ocasiones por respirar. No puedo decir que me espantase semejante visión; es sólo el olor lo que me perturba, porque es insoportable. Pero puesto que es inevitable, me aguanto. No necesitas preocuparte por esto.

Sabemos por esta carta que Virchow fue alumno de Johannes Müller (1801-1858), el maestro de una generación de científicos que cambiaron la situación de la fisiología (entre sus discípulos, además de Virchow, se cuentan figuras como Helmholtz, Emil du Bois-Reymond, Ernst Brücke, Carl Ludwig y Jakob Henle). Antes incluso de los exámenes finales, Virchow fue nombrado «cirujano de compañía (militar)» en la Charité. Allí se inició en la práctica médica, parece que con éxito entre los pacientes, que

le llamaban «*der kleine Doctor*» («el pequeño doctor»). El 17 de marzo de 1843 escribía a su padre contándole sus experiencias:

> Debido a la enfermedad y temprana jubilación de un colega de la sección sénior, se produjo en la Pascua de Resurrección una vacante para un cirujano en la Charité y era obvio que debía ser ocupada por alguien de nuestra sección, que está ahora en su último semestre. Me preguntaron si estaba dispuesto a aceptar esta prestigiosa oferta, y después de algunas dudas decidí aceptarla con la condición de que se me permitiese continuar en la Charité año y medio. Hoy informé al *Generalarzt* Lohmayer, que se encarga de los asuntos personales de los médicos militares, y al *Hausstabsarzt* de la Charité, de quien supe que había sido destinado a la sala de pacientes de ojos, la denominada clínica ocular, encabezada por el famoso oftalmólogo Jünken. Esta noticia fue muy satisfactoria porque a pocos de nosotros nos asignarán a esta sala en concreto, y esta rama de la medicina se está convirtiendo ahora en mi principal interés. A partir de mañana me uniré a las rondas de la mañana y de la tarde para familiarizarme con los pacientes actuales y los asuntos de la clínica y el 1 de abril efectuaré definitivamente el cambio. De esta forma me perderé un agradable semestre durante el cual pienso que habría llenado grandes vacíos en mi conocimiento teórico; me pierdo cursos clínicos de maestros renombrados y el tiempo para preparar con calma mis exámenes. Pero espero que la ganancia no sea insignificante y los beneficios materiales superen a todo lo demás.
>
> Ahora estoy interesado en obtener un doctorado tan pronto como sea posible, ya que cuando uno se halla entre un gran número de colegas graduados no disponer de un título resulta en una desagradable discriminación [...]. Por este motivo, querría preguntarle que me dijese definitivamente si podría enviarme el dinero necesario en julio, cuando nos darán permiso para doctorarnos.

El 7 de abril, cuando ya contaba con algo de experiencia, explicaba a su padre sus quehaceres clínicos:

> Mi posición personal es perfectamente satisfactoria [...]. Mis pacientes, en este momento 29 en total, están acomodados en dos grandes salas y en dos habitaciones pequeñas; han asignado a mi servicio tres enfermeros y una enfermera. Dos veces al día, a las nueve por la mañana y a las cinco por la tarde, acompaño al

> *Stabsarzt* [oficial médico] en sus rondas mientras prescribe los tratamientos. Antes de estas rondas visito por mi cuenta a pacientes para estudiar su situación, cambiar sus vendas, *etc.* Además, cada mañana tenemos que ocuparnos de la denominada clínica ambulatoria, donde los pacientes de ojos de la ciudad buscan nuestra ayuda y tratamiento, y después regresan a sus casas. También hay que ocuparse de mucho papeleo: informes diarios, mensuales y cuatrimestrales, registros diarios de pacientes, y otras cosas del estilo; el volumen de todo esto puede medirse por el hecho de que en el último año diecinueve médicos de la Charité utilizaron 36.000 hojas con membrete. Aunque esta cifra no parece desmedida considerando que actualmente son 1.036 los pacientes del hospital.

Teniendo en cuenta que trabajaba en la sección de oftalmología, no sorprende que, cuando obtuvo el título de doctor en Medicina en 1843, su tesis (dirigida por el propio Müller, decano de la Facultad de Medicina) se titulase —en latín, siguiendo la costumbre de la época— *Sobre la enfermedad reumática, particularmente de la córnea*.

Tal y como deseaba, la estancia de Virchow en la Charité se prolongó. En otra de sus cartas a su padre, ésta del 15 de octubre de 1845, le explicaba cuál era su situación:

> La siguiente meta que me he propuesto es ganar reconocimiento general a través de una serie de publicaciones. Le adjunto mi primer artículo sobre la fibrina, el componente de la sangre que permite que se coagule [...].
>
> Entretanto, debo completar los exámenes estatales. La posibilidad de fracasar originaría, por supuesto, un terrible problema. Una vez que haya terminado los exámenes, mi situación en la Charité, donde, por cierto, pronto tendré mi propia habitación, cambiará, si no formalmente sí al menos *de facto*. Como le escribí anteriormente, intentaré el próximo verano dar clases privadas, y si es posible también que se me asignen algunos pacientes para que les atienda personalmente. De esta forma acaso pueda extender mi estancia en la Charité, aunque esta esperanza sea pequeña. De cualquier manera, la opción estaría siempre abierta, incluso en el futuro, de solicitar un tratamiento preferencial en lo militar; de hecho, incluso podría pedir la baja anticipada con una buena posibilidad de que se me aceptase si se

me ofreciesen otras perspectivas más favorables.

Activista social y médico

La carrera de Virchow estaba comenzando. Y lo haría con rapidez. En 1847 se convirtió en *Privatdozent* (habilitado, recuérdese, para dar clases, pero sin recibir de la universidad más salario que el procedente de los estudiantes que se matriculasen en los cursos que impartiera) en Berlín. Su conferencia inaugural, que presidió Müller, versó sobre la osificación patológica, y su clase de prueba, sobre la inflamación muscular. En el invierno de aquel mismo año se declaró una terrible epidemia de tifus que devastó la Alta Silesia, y Virchow recibió el encargo de estudiar la situación y permaneció en la zona entre el 20 de febrero y mediados de marzo de 1848. Aquella experiencia despertó su conciencia social, haciendo de él un activista en defensa de una salud pública eficiente. Acuñó entonces el aforismo «La medicina es una ciencia social, y la política no es nada más que medicina a gran escala».

Acababa de regresar de Silesia cuando estalló en Berlín una revolución, la Revolución de 1848, cuyos objetivos eran el Gobierno prusiano, las autoridades municipales e incluso el rey. Virchow describió la situación en detalle a su padre el 19 de marzo, sin dejar de señalar que «Mi participación en el levantamiento fue relativamente insignificante. Ayudé a formar algunas barricadas. Pero entonces, como no pude conseguir una pistola, no me fue posible hacer mucho, ya que los soldados disparaban desde muy lejos, y dado el pequeño número de ciudadanos, el combate hombre a hombre era imposible, al menos en mi barricada». Al final los revolucionarios fueron derrotados, y Virchow fue expulsado de la Charité. Sin

embargo, al año siguiente obtuvo su primera cátedra, de Anatomía Patológica en la Universidad de Wurzburgo.

Su actuación en 1848 muestra que, además de un gran científico, Virchow fue también un hombre con intensas preocupaciones sociopolíticas, entre las que figuraba la situación de la salud pública en Alemania. Ese mismo año publicó una serie de artículos significativos sobre las reformas médicas en la salud pública en una revista semanal, *Die Medizinische Reform*, fundada por él mismo y por el psiquiatra Rudolf Leubuscher, que se convirtió en el portavoz de un movimiento nacional de reforma médica cuyo fin era lograr un progreso administrativo que se correspondiese con, y pudiese explotar, los avances científicos. Allí, en el número 9 (del 1 de septiembre) defendió ideas que muestran lo poco humanitaria que era la época en que lo escribió:

> En lo que se refiere a la frase «para cada uno según sus necesidades», en ningún lugar se debe aplicar con mayor claridad y rotundidad que en la atención que se brinda en la salud pública, de la que constituye uno de sus principios básicos. La admisión en un hospital debe estar abierta a todo paciente que lo necesite, independientemente de si es judío o ateo. Si alguien solicita la admisión, el único criterio debe ser si está enfermo, y qué circunstancias justifican su admisión en un hospital. Hasta ahora, sin embargo, ocurría lo contrario; la primera pregunta era la de si la persona podía pagar, o si alguna otra persona era responsable de pagar por él.

Virchow se refería aquí a la famosa frase que Karl Marx utilizo en su Crítica del Programa de Gotha: «De cada cual según sus capacidades, a cada cual según sus necesidades». Una hermosa frase.

36
SANTIAGO RAMÓN Y CAJAL, «EL NEURÓLOGO MÁS GRANDE QUE HA EXISTIDO Y QUE PROBABLEMENTE JAMÁS EXISTIRÁ»*

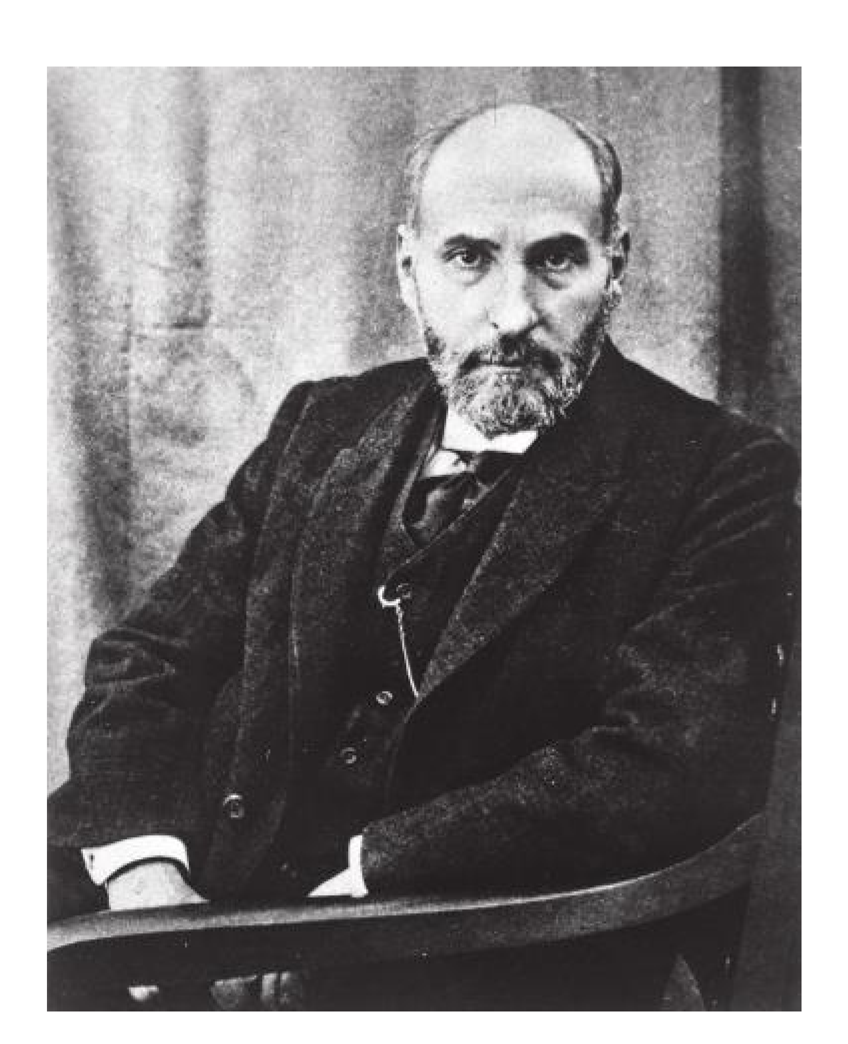
En la nómina de los «grandes de todos los tiempos» de la ciencia, figura Santiago Ramón y Cajal (1852-1934), cuya obra histológica, con la teoría neuronal a la cabeza, continúa vigente y se cita frecuentemente. La carta que el holandés Cornelius Ubbo Ariëns Kappers, director del Instituto de Investigación Neurológica de la Real Academia Holandesa de Ciencias, le dirigió el 23 de marzo de 1921 da idea de su grandeza (en francés en el original):

> Estimado y gran maestro:
>
> Su carta del 15 de marzo me ha producido una gran satisfacción, lo que le agradezco de todo corazón.
>
> Le estoy agradecido, además, por haberme enviado la admirable colección de sus «Trabajos».
>
> No, no me falta ningún volumen y estoy orgulloso de que mi Instituto los haya recibido de usted mismo, el neurólogo más grande que ha existido y que probablemente jamás existirá.

Unos comienzos difíciles

Las relaciones de Cajal con la comunidad neurocientífica internacional comenzaron realmente con su participación en el Congreso de la Sociedad Anatómica Alemana, celebrado en Berlín en octubre de 1889. Hasta entonces, se tuvo que contentar con seguir a distancia la obra de los neurocientíficos extranjeros más destacados. Sumido tanto en la penuria económica, las obligaciones docentes y

familiares al igual que en sus propias investigaciones, él no se pudo permitir lo que algunos otros compatriotas suyos hicieron: irse al extranjero para conocer personalmente, al menos, a algunos de los colegas que admiraba y poder acceder también a sus instalaciones y materiales. Es fácil adivinar un punto de envidia, y de amargura, en una carta que escribió el 1 de enero de 1885 a uno de sus primeros discípulos, el jesuita Antonio Vicent Dolz (1837-1902), quien desde finales de 1884 se encontraba en Lovaina para completar su formación con el citólogo Jean Baptiste Carnoy:



Santiago Ramón y Cajal.

> Mi querido P. Vicent:
> Recibí la suya con gran contento, si bien no dudaba nunca que me escribiría Vd. y por ella veo lo satisfecho y complacido que Vd. está al lado de esos sabios.
> Yo quisiera también imitarle a V., pero las circunstancias me lo impiden, teniendo que resignarme a ver y seguir aunque de lejos el movimiento científico de la Alemania y de la Bélgica. […]
> ¡Ah! ¡Quién tuviera esos magníficos objetivos a que Fle[m]ming, Strassburger y Carnoy deben sus descubrimientos! ¡Quién pudiera poseer un Seibert 1/6 o un Zeiss 1/18! Aquí desgraciadamente las facultades no tienen material y, aunque yo me empeñara en pedir uno de esos objetivos, no me lo permitiría el decano por falta de fondos. Mucho envidio más aún esa riqueza de medios técnicos de que Vs. gozan, con la que se hace cuanto se quiere. Yo tengo que resignarme con un objetivo 8 de inmersión Verick y éste gracias a que es de mi propiedad, que por la Facultad no tendría más que un 5 o un 6 Nachet.

El objetivo Verick al que alude se lo había comprado Cajal en 1877, después de cursar las asignaturas del doctorado con Maestre de San Juan. Aquel mismo año de 1885, sin embargo, se hizo con un microscopio Zeiss, regalo de la Diputación de Zaragoza en agradecimiento al informe que había preparado sobre la epidemia de cólera y la vacunación de Jaume Ferrán. En su autobiografía, *Recuerdos*, escribió:

> Al recibir aquel impensado obsequio, no cabía en mí de satisfacción y alegría. Al lado de tan espléndido *Statif*, con profusión de objetivos, entre otros el famoso 1,18 de *inmersión homogénea*, última palabra entonces de la técnica amplificante, mi pobre microscopio Verick parecía desvencijado cerrojo. Me complazco en reconocer que, gracias a tan espiritual agasajo, la culta Corporación aragonesa cooperó eficacísimamente a mi

futura labor científica, pues me equiparó técnicamente con los micrógrafos extranjeros mejor instalados, permitiéndome abordar, sin recelos y con la debida eficiencia, los delicados problemas de la estructura de las células y del mecanismo de su multiplicación.

Cajal y el Congreso de Berlín de 1889

En octubre de 1889, pagándose el viaje con su propio dinero, Cajal viajó a Berlín para participar en el Congreso de la Sociedad Anatómica Alemana y presentar allí los resultados de sus investigaciones microscópicas sobre la estructura neuronal del sistema nervioso. Aquel suceso fue decisivo en su carrera. Albert Kölliker (1817-1905), el histólogo más notable de su época, catedrático de Anatomía Humana y director de los Institutos Anatómicos de la Universidad de Wurburgo, fue el primero en aceptar sus hallazgos; también estaban allí presentes científicos de la talla y el prestigio de Gustav Retzius, Wilhelm His, Wilhelm Waldeyer, Gustav Schwalbe y Karl Bardeleben.

Después del congreso, Kölliker continuó mostrando gran interés por los resultados que iba obteniendo don Santiago. Un ejemplo en este sentido es la carta que le escribió desde Wurzburgo el 29 de mayo de 1893:

Mi querido amigo:

En primer lugar, le expreso mi más vivo agradecimiento por el envío de su gran y bella obra sobre la retina [se debe referir al artículo «La rétine des vertebrés», que Cajal publicó en 1892 en *La Cellule*], que hace innecesarias otras observaciones. Le quedaré muy agradecido si me envía algunas de sus preparaciones, que muestren los aspectos principales. *Le devolveré estas preparaciones*, ya que no quiero privarlo de sus materiales de estudio.

En cuanto al trabajo sobre el que me anuncia [debe de ser «Estructura del asta de Ammon y fascia dentata», que Cajal publicó en 1893 en *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural*], estoy dispuesto a traducirlo del español al alemán, ya

> que he aprendido bastante bien su idioma, por la necesidad de estudiar sus trabajos.
>
> Solamente le ruego que encargue copiar su manuscrito a una persona que tenga una letra clara, porque me resulta bastante difícil leer la suya. Estaré en Wurzburgo hasta los primeros días del mes de agosto y me haría falta tener antes su manuscrito.

Kölliker cumplió su promesa y la traducción del artículo de Cajal apareció publicada («Beiträge zur feinere Anatomie des Grossen Hirns. I. Über die feinere Struktur des Ammonshornes. Aus dem spanischen… mit Zustimmung und auf Wunsch des Verfassers durch A. Kölliker besorgte Übersetzung») en *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie* (1893).

Reconocimiento internacional

Las noticias del reconocimiento que los trabajos de Cajal recibieron en Berlín se difundieron pronto en la comunidad científica. El 11 de enero de 1890, Mihály Lenhossék, entonces director y *privatdozent* en el Instituto Anatómico de la Universidad de Basilea, escribía a su colega español una carta que ayuda a comprender los obstáculos con los que se había encontrado hasta entonces:

> Los descubrimientos innovadores que recientemente viene usted publicando sin interrupción me han llenado de admiración hacia su talento, tanto por el hallazgo de hechos nuevos como por representarlos gráficamente de modo perfecto. Considero sus hallazgos como las aportaciones más importantes que conozco desde hace décadas en el terreno de la anatomía microscópica. Esta admiración la comparten los señores His y Kölliker, con quienes he tenido largas conversaciones aquí en Basilea durante los meses de octubre y noviembre, y también otros colegas. Debo decir cuánto lamento no haber comprendido todo el significado de sus descubrimientos enseguida, cuando usted hace aproximadamente dos años tuvo la amabilidad de enviarme su

> trabajo sobre la médula, y haberme expresado tan escépticamente acerca de ellos hasta hace menos de un año; espero que no tenga usted en cuenta mi escepticismo. Ha sido una buena lección para que en mi futura actividad científica me abstenga de opinar sobre datos de contenido factual sin haberlos comprobado antes.

Claro que tampoco era siempre fácil reproducir los resultados de Cajal. En una carta que le escribió el 9 de diciembre de 1890 Arthur van Gehuchten, profesor de Anatomía de Lovaina, señalaba este punto:

> Distinguido y muy sabio colega:
>
> Lleno de admiración por los bellos resultados que usted ha conseguido y por los espléndidos descubrimientos que ha hecho en la cuestión tan difícil, tan oscura y, sin embargo, tan importante de la estructura microscópica del sistema nervioso central, he intentado ya muchas veces hacer una serie de preparaciones demostrativas, que podría utilizar en mis lecciones sobre el sistema nervioso del hombre. Sin embargo, no sé cómo explicarle que una verdadera mala suerte me persigue y no consigo nunca resultados satisfactorios.
>
> He aplicado su método a médulas de embriones de pollo y a médulas de animales recién nacidos y apenas si consigo aquí y allá una célula nerviosa coloreada o algunas fibras que muestran una o dos colaterales.
>
> Le quedaría muy agradecido, distinguido colega, si me diera personalmente algunas indicaciones acerca de la forma en que usted trabaja, e incluso me permito preguntarle si, entre las numerosas preparaciones que usted ha debido hacer para conseguir sus importantes descubrimientos, no tendría por ahí algunas sobrantes que quisiera fueran de utilidad para sus colegas con el máximo interés por el tema.

El propio Cajal se daba perfecta cuenta de la dificultad asociada a sus investigaciones, no sólo por cuestiones de habilidad técnica, sino por la complejidad de la materia sobre la que trabajaba. A Gustav Retzius, al que volveré más adelante, le confesaba el 28 de enero de 1900:

La estructura cerebral humana es de una complicación enorme, mucho más grande de lo que el examen del cerebro de los mamíferos nos había hecho presumir. Y lo más grave de todo es que el cerebro adulto no permite teñir ninguna arborización nerviosa terminal (el cromato de plata o el método de Cox sólo impregnan dendritas y axones, no ramas nerviosas terminales). Aun en el niño de un mes es raro hallar arborizaciones procedentes de fibras de la sustancia blanca. No hay pues más remedio que combinar los resultados obtenidos en fetos (donde se ven particularmente los plexos sensoriales) con los logrados en el niño y en el adulto, aunque se corre el riesgo de tomar por definitivas no pocas disposiciones que deben cambiar mucho con la salud.

Otro de los que se esforzaron por difundir los trabajos de Cajal fue el suizo Wilhelm His (1831-1904), discípulo de Rudolf Virchow y de Kölliker, al que Lenhossék mencionaba en su carta. His era catedrático de Anatomía en la Universidad de Leipzig desde 1872 (también era director de la revista *Archiv für Anatomie und Entwickelungsgeschichite*, la sección anatómica del *Archiv für Anatomie und Physiologie*). El 14 de agosto de 1890, His escribía a Cajal:

Distinguido colega:

De regreso del Congreso de Berlín desde hace días, he venido a pasar mis vacaciones a Suiza y aprovecho el primer momento libre para informarle brevemente sobre la sección anatómica del Congreso [Internacional de Medicina]. He mostrado sus bellas preparaciones en el Instituto Anatómico, sobre todo las divisiones de las fibras sensoriales y sus colaterales [...], las células de la sustancia gris, las células epiteliales de la médula y las células bipolares de los ganglios raquídeos. En mi comunicación sobre la histogénesis de los elementos nerviosos y sus relaciones mutuas he tenido ocasión de referirme varias veces a sus bellos descubrimientos, así como al del Sr. Golgi. Espero poder enviarle dentro de unas semanas un ejemplar de mi comunicación.

En general, se ha lamentado mucho su ausencia. Ha habido una sección muy brillante. Los señores Kölliker y Golgi han figurado entre nuestros presidentes y la discusión sobre el sistema nervioso ha estado en parte animada.

His también contribuyó a difundir los resultados de Cajal a través de su privilegiada relación con el *Archiv für Anatomie und Physiologie*. Así, el 25 de febrero de 1893 se dirigía a su colega español, agradeciéndole «su nueva publicación sobre el sistema nervioso [se trataba de «El nuevo concepto de la histología de los centros nerviosos. Conferencias dadas en la Academia y Laboratorio de Ciencias Médicas de Cataluña», *Revista de Ciencias Médicas de Barcelona*, 1892)] y haciéndole la siguiente proposición:

Desde que tengo la satisfacción de conocer sus trabajos histológicos, que han hecho progresar tanto nuestros conocimientos del sistema nervioso, lamento que dichos trabajos solamente sean conocidos en el ambiente alemán a través de las citas ofrecidas por los señores Kölliker, Waldeyer y otros.

Las notas que usted ha publicado en el *Anatomischer Anzeiger* no han podido dar más que una idea incompleta de sus trabajos. Opino, por tanto, que sería muy favorable para la ciencia y para usted mismo si publicara en alemán una memoria semejante al «Nuevo concepto» que acaba de editar.

Si le parece bien esta idea, me encargaría de corregir la traducción de su memoria y de que se imprimiera en el *Archiv für Anatomie und Physiologie (ant. Abt.)*, del que soy redactor. Le propongo traducir el «nuevo concepto» tal como pienso, aunque quizá prefiera usted incluir algunos cambios, dando mayor extensión a una u otra de sus exposiciones, añadiendo datos más recientes. En cuanto a las figuras, podemos encargar su copia aquí, bien a partir de sus dibujos originales o a partir de los ejemplares de su «concepto».

Cajal aceptó la propuesta y envío a His su manuscrito, que éste hizo que tradujeran y que se

publicó el mismo año [«Neue Darstellung vom histologische Bau des Centralnervensystems», *Archiv für Anatomie und Entwickelungsgeschichte*, *Supplementband*, 1893]. Lejos estaban ya, como vemos, los tiempos en los que Ramón y Cajal tenía que pagar de su propio bolsillo sus publicaciones y enviárselas a científicos extranjeros con la esperanza de que éstos reparasen en ellas. Ahora contaba con una red, cada vez más extensa, de fieles colegas que se esforzaban por difundir los resultados del histólogo hispano en la comunidad científica internacional (principalmente en la de habla germana).

Cajal y Retzius

Otra conexión importante fue la del sueco Gustav Magnus Retzius (1842-1919), una figura destacada en el dominio científico (realizó contribuciones notables a la embriología, fisiología y anatomía descriptiva del sistema nervioso), a quien Cajal conoció en el Congreso Anatómico de Berlín de 1889, como ya apunté. Catedrático de Anatomía en el Real Instituto Médico-Quirúrgico Carolino (más tarde Karolinska Institutet), Retzius fue, junto a Kölliker, uno de los primeros conversos a la «causa cajaliana». Entre la correspondencia que ambos intercambiaron se hallan cartas muy interesantes. Así, el 25 de junio de 1891, Retzius se dirigía a Cajal desde Estocolmo (le escribía en alemán, mientras que la mayor parte de los científicos citados hasta ahora lo hacían en francés):

> Distinguido colega:
>
> Muchas gracias por su amable carta y los interesantes envíos. Cada nuevo trabajo suyo nos ofrece luz en grandes cuestiones oscuras. Como yo también me ocupo de investigaciones en el

terreno del sistema nervioso, sus trabajos me interesan muy especialmente. Ya he informado a menudo en las sociedades y academias científicas de aquí sobre sus descubrimientos y le he propuesto como miembro de nuestra Asociación de Médicos. Espero que reciba pronto el diploma […].

Espero, distinguido colega, poder iniciar una relación más estrecha y alguna vez verlo entre nosotros en Suecia [¿tal vez una alusión a que podría recibir el Premio Nobel de Medicina, que, como sabemos obtuvo en 1906?].

El 16 de diciembre de 1894, Retzius informaba a Cajal:

Distinguido colega:

Acabo de recibir dos trabajos suyos extraordinariamente interesantes sobre los ganglios cerebrales, que le agradezco cordialmente [«Estructura del ganglio de la habénula de los mamíferos», *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural*, 1894; «Algunas contribuciones al conocimiento de los ganglios del encéfalo», *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural*, 1894].

Al mismo tiempo le comunico que me he permitido dedicarle el sexto volumen de mis «Biologische Untersuchungen» [Investigaciones biológicas, 1894], como testimonio de mi profundo reconocimiento de sus grandes servicios en el terreno de la neurología. El volumen en cuestión está ya terminado y se lo enviaré dentro de algunos días.

Desde Madrid, el 28 de diciembre, Cajal agradecía el honor que Retzius le hacía:

Agradezco en el alma la distinción que V. me hace con dedicarme el 6.° tomo de sus monumentales y admirables *Biologische Untersuchungen*, asociando mi humilde nombre al de V. por tantos títulos ilustre y autorizado en las ciencias anatómicas. La edad, lejos de hacerle cejar en sus empeños, le presta a V. nuevas fuerzas para los trabajos de laboratorio; de tal modo que, si continúa V. así durante algunos años, sus obras vendrán a formar una verdadera biblioteca de anatomía e histología comparadas.

Yo trabajo ahora en la estructura del tálamo óptico y los

tubérculos cuadrigéminos. He recogido ya algunos datos, pero necesito mucho más tiempo de investigación para finalizar mis estudios, que formarán una monografía bastante voluminosa y con algunas láminas.

Al igual que Kölliker, Retzius se esforzaba por aprender español para leer a Cajal, como se comprueba en la carta que le escribió el 14 de mayo de 1896:

Querido colega y amigo:

Acabo de recibir el volumen I de la Revista Trimestral Micrográfica, que me ha enviado y que agradezco cordialmente. Con esta nueva publicación veo que ha iniciado usted la edición de una nueva revista. Es una gran empresa con la que sin duda piensa dar un nuevo impulso a la ciencia española. Ha hecho usted otro gran servicio a su patria, por el que le felicito cordialmente.

A nosotros, pobres extranjeros, nos plantea una cierta dificultad: poder leer correctamente el idioma español. Conociendo las lenguas latina y francesa que estudiamos en la escuela, no nos resulta imposible entender y estudiar también la española. Hace tiempo compré un diccionario español para leer sus trabajos. De vez en cuando se tropieza con dificultades, pero no son insuperables.

Oposición a la teoría neuronal

Otra carta interesante es la que Retzius envió a Cajal el 31 de diciembre de 1898, y ello por lo que señalaba sobre ciertos rechazos que se estaban produciendo a la teoría neuronal:

Me ha dicho Von Lenhossék que los neurólogos alemanes, con Nissl a la cabeza, han iniciado una batalla contra la nueva teoría nerviosa, la llamada teoría de la neurona, de cuya formulación responsabilizamos a usted por encima de todos. El Sr. [Franz] Nissl se apoya en Apáthy y Bethe. Sin embargo, esto es totalmente inadecuado. Apáthy ha comprobado haces fibrilares claros en las

> células ganglionares de los vertebrados y Bethe los ha podido imitar. Las demás teorías y especulaciones de Apáthy y Bethe no se basan, sin embargo, en hechos reales, sino que, en su mayor parte, están sacadas del aire. Las fibrillas celulares pueden conciliarse muy bien con las experiencias que se han realizado con el método de Golgi.
>
> Es muy extraño que histólogos que no han trabajado con el método de Golgi pretendan acabar con los grandes e innovadores hallazgos que se han conseguido con él. Ahora es necesario defender la admirable teoría nerviosa de tales ataques. Lenhossék se prepara para ello. No obstante, antes que nadie debe también defender la fortaleza usted, que fue la cabeza de la formulación de la teoría.

Entre los que se oponían a la teoría neuronal de Cajal a la que se refería Retzius, figuró Camillo Golgi (con quien Cajal compartió el Premio Nobel de Fisiología o Medicina en 1906), el responsable de la introducción del método de coloración argéntica para teñir células nerviosas. Pero la historia de esta batalla (de la que salió victorioso el científico español) es demasiado larga para poder intentar siquiera esbozarla aquí. Simplemente diré que Cajal la tuvo siempre muy presente. De hecho, uno de sus últimos trabajos fue publicado en 1933 bajo el título «¿Neuronismo o reticularismo? Las pruebas objetivas de la unidad anatómica de las células nerviosas» y, como él mismo señaló en la introducción, estuvo dedicado a lo siguiente:

> Una exposición sucinta de las observaciones contrarias a la concepción de Apáthy, Bethe y Held. Mi propósito es describir brevemente *lo que yo he visto* en cincuenta años de trabajo y lo que cualquier observador, exento de prejuicios de escuela, puede fácilmente comprobar, no en tal o cual célula nerviosa, acaso mal fijada o de tipo anormal, sino en millones de neuronas vigorosamente coloreadas por diversos métodos de impregnación.

Santiago Ramón y Cajal no fue sólo un ejemplo para todos los españoles que aspiraban a seguir los caminos de la ciencia, también lo fue para muchos otros, alejados de la empresa científica. Su correspondencia muestra claramente que así fue. Un ejemplo en este sentido es la carta que Miguel de Unamuno le escribió desde Salamanca el 17 de abril de 1930, una carta en la que ya aparecen los males de la ancianidad:

> No quiero dejar pasar más días sin escribirle, mi ya antiguo y buen amigo y compañero. Sin esperar a poder estrecharle ahí la mano. La mía, la derecha, la he tenido unos veinte días casi sin uso, de una caída —en la muñeca izquierda se me rompió el radio — y no sé dictar ni me gusta escribir si no de mi propio puño. Gracias, muchas gracias, por su felicitación de lo de mi cátedra. Por lo que hace al rectorado, ni ambiciono volver a él ni lo veo fácil, ya que no quieren dejar a los claustros que los nombren ni que los propongan. Lamento sus achaques y lo que dice [de] sus soledades, aunque su vida haya sido bien llena y bien útil. Y le debemos sobre todo un ejemplo para llenar y utilizar las nuestras. Ser ese admirable ejemplo sobre todo le admira y le quiere de veras su viejo amigo
>
> MIGUEL DE UNAMUNO

La siguiente carta que citaré es la última que escribió Cajal. La envió a su discípulo Rafael Lorente de No (1902-1990) desde su casa madrileña en la calle Alfonso XII, muy cerca de la plaza de Atocha, el 15 de octubre de 1934, apenas cuarenta y ocho horas antes de su fallecimiento:[9]

> Estimado compañero y amigo:
>
> Yo me encuentro muy grave con una colitis que dura cerca de dos meses y que no me permite abandonar el lecho, ni comer ni escribir.
>
> Sirve ésta para decirle que recibí su trabajo sobre el *asta de*

Amón del ratón, agradeciéndole el regalo.

Dos observaciones no más: 1. Espinas. Note V. que no se trata de excrecencias puntiagudas irregulares, sino de genuinas espinas terminadas por una bola. El pedículo a veces es demasiado pálido.

[Aquí Cajal incluía un dibujo.]

2. Asta de Amón. El ratón es poco favorable para un estudio estructural. Es difícil descubrir las células de axón corto y ofrece una tendencia excesiva a dar macizos de fibras sin detalles de origen ni terminación.

¿Por qué no ha trabajado V. en el conejo de veinte o cuarenta días? El Cox me proporcionó magnífica arborización suelta de células de axón corto y multitud de detalles, que no siempre se ven bien con el método de Golgi.

Le saluda cariñosamente su viejo amigo

CAJAL

Con un pie en la tumba, imposibilitado de abandonar la cama, Santiago Ramón y Cajal continuaba ejerciendo como el científico y el maestro que siempre fue.

37
SIGMUND FREUD, EXPLORADOR DEL INCONSCIENTE*

Santiago Ramón y Cajal buscó desentrañar los secretos —algunos fundamentales, al menos— de la vida basándose en unidades como las neuronas y las relaciones que éstas mantienen entre sí, pero existía un mundo que escapaba, y continúa escapando, a ese reduccionismo celular, el de los sueños. Y fue un austríaco, Sigmund Freud, quien más hizo por tratar de dominarlo.

He sido criticado algunas veces por incluir a Sigmund Freud (1856-1939) en textos de historia de la ciencia (incluso seleccioné su libro *La interpretación de los sueños* como uno de los 24 volúmenes que constituían la parte de «Ciencia», que dirigí en la década de 1990, de la «Biblioteca Universal del Círculo de Lectores»). La acusación que algunos me hacían, y supongo que aún continúa, es que «Freud no hizo ciencia». No lo considero así. Estoy de acuerdo en que seguramente la mayor parte de las «soluciones» que Freud dio distan mucho de ser satisfactorias, fruto de su portentosa imaginación y creatividad literaria, pero para mí no hay duda de que abrió un campo de experiencias, el del subconsciente, a la indagación científica. Y esto también es ciencia. Fue un pionero.

Freud concibió los trastornos de la conducta no como enfermedades orgánicas, sino como puros trastornos mentales. Prácticamente la única posibilidad conocida en su tiempo para diagnosticarlas dependía de que el paciente describiese los síntomas y el médico pudiese verificar la exactitud de su relato.

Sabedor de las posibilidades que abría la hipnosis, asistió en París a las clases y sesiones clínicas del célebre médico, neurólogo y precursor de la psicopatología Jean-Martin Charcot (1825-1893) durante el curso 1885-1886. En una carta que envió el 21 de octubre de 1885 a su futura esposa, Martha Bernays (1861-1951), Freud describía a Charcot de la siguiente manera:



Sigmund Freud.
© *Collection Bourgeron/Bridgeman Images/Album*

> A las diez llegó [al Hospital de la Salpêtrière] M. Charcot, un hombre alto de cincuenta y ocho años de edad, con sombrero de copa, ojos oscuros, particularmente bondadosos (o más bien uno, el otro es inexpresivo y tiene un defecto), largos mechones de cabello recogidos detrás de las orejas, cuidadosamente afeitado, facciones muy expresivas con labios llenos y sobresalientes; en suma, como un sacerdote mundano, del cual uno se promete

mucho ingenio y sentido de la buena vida. Se sentó y comenzó a examinar a los enfermos. Me impresionó mucho su brillante diagnóstico y un evidente vivo interés en todo, y no como estamos acostumbrados de nuestros grandes señores una especie de distinguida superficialidad.

La admiración que sentía entonces por Charcot se aprecia en la siguiente carta (redactada en francés), escrita el 9 de diciembre de 1885 cuando residía en París:

Señor profesor:

Después de sentirme durante dos meses fascinado por vuestra palabra e inmensamente interesado por el tema que tan magistralmente trata, se me ha ocurrido ofrecerme a Vd. para la traducción al alemán del tercer volumen de sus *Leçons*, si es que desea encontrar un traductor y contar con mis servicios. En cuanto a mi capacidad para tal empresa, debo decirle que sólo tengo afasia motriz para el francés, pero no afasia sensorial. He dado pruebas de mi estilo en alemán en mi traducción de un volumen de estudios de John Stuart Mill.

Al traducir el primer fascículo del tomo tercero de las *Leçons* que se ocupa de cuestiones nuevas planteadas y aclaradas por Vd., creo rendir un servicio a mis compatriotas, para los que esta parte de sus investigaciones les resulta menos accesible que las restantes y, a la vez, introducirme ventajosamente entre los médicos alemanes.

Me queda por explicarle por qué me tomo la libertad de escribirle cuando me siento tan satisfecho de poder dirigirle la palabra al gozar de permiso de asistencia a vuestra Salpêtrière [allí Charcot ocupaba una cátedra de Neurología y había ampliado las instalaciones destinadas al estudio de la neurosis]; se trata de evitarle la violencia de darme una respuesta negativa, a la que, se lo confieso francamente, estoy casi preparado, ya que bien podría ser que Vd. hubiera ya dispuesto de la autorización que me permito pedirle o que cualquier otra razón le determinase a negármela. En ese caso, no tiene más que callarse al respecto. Espero que tenga a bien excusar esta petición y contar con mi más sincera admiración.

Vuestro devoto,

DR. SIGMUND FREUD

Tres días después, el 12 de diciembre, Freud escribía a Martha Bernays, su futura esposa (se casaron el 14 de septiembre de 1896) y madre de sus seis hijos:

> ¿Cree realmente vuestra alteza que es tan fácil abandonar París? No se asuste: llegaré a Hamburgo el veintiuno por la mañana. Eso ya es seguro, pero apenas veré Berlín, pues voy a regresar a París. «¿Qué ha ocurrido, me he vuelto loco?» Pues únicamente que Charcot me llevó hoy aparte: «*J'ai un mot à vous dire*» [Tengo algo que decirle] y, después, me informó de que me daba gustosamente su autorización para traducir su volumen III al alemán y, lo que es más, no sólo la primera parte, que ya ha sido publicada en francés, sino también la segunda, aún no impresa. ¿Estás contenta? Yo sí. Es algo maravilloso. Esto me dará a conocer a médicos y enfermos en Viena y en Alemania, y bien vale algunas semanas de dedicación y unos cientos de florines. Realmente parece un buen augurio para mi trabajo como médico y, además, abrirá camino a mi propio libro cuando éste se termine [acabó abandonando este proyecto].

El libro de Charcot cuya autorización solicitaba Freud era *Leçons sur les maladies du système nerveux* (*Lecciones sobre las enfermedades del sistema nervioso*, 1886, 1887) y la traducción de Freud al alemán de dos de sus lecciones (la XXIII y la XXIV) se publicó primero en el número 21, tomo 36, de la revista *Wiener Medizinische Wochenschrift* (15 y 22 de mayo de 1886, pp. 711-715 y 756-759) con el título (traducido al castellano) de «Sobre un caso de coxalgia histérica de causa traumática en el hombre», y después en la editorial Toeplitz und Deuticke de Leipzig y Viena (J.-M. Charcot, *Neue Vorlesungen über die Krank-heiten des Nervenssystems insbesondere über Hysterie*) con un prólogo de Freud. En agradecimiento, Charcot regaló a Freud una colección completa de sus obras,

encuadernada en cuero y con la dedicatoria: «*A Monsieur le Docteur Freud, excellents souvenirs de la Salpêtrière*. Charcot».

En 1886, Freud estableció una consulta en Viena como neurólogo, donde se dedicó al análisis funcional de la afasia y se asoció con Joseph Breuer (1842-1925) en el tratamiento de la histeria. En los diez años siguientes utilizaron la hipnosis como vía de acceso a la mente de los pacientes. En estado hipnótico preguntaban al paciente sobre las causas de sus síntomas, para provocar así una descarga emocional, algo que les descubrió la existencia de traumas psíquicos anteriores, rechazados por la conciencia. Al describir al paciente el origen del mal cesaban los síntomas. Es lo que Ana O. (su nombre real era Bertha Pappenheim), la primera paciente de Freud, denominó «curación por la palabra», que caracterizaría al psicoanálisis. En 1895, Freud y Breuer publicaron los *Studien über Hysterie* (*Estudios sobre la histeria*), una obra compartida más que una colaboración, cuyo núcleo está formado por cuatro historias clínicas, que completaron con un par de capítulos comunes. De esa época es la «teoría del rechazo», según la cual la manifestación de un deseo inconveniente provoca el rechazo de la conciencia y el desplazamiento del deseo más allá de la conciencia. El deseo frustrado se manifiesta en forma de síntomas que enmascaran la realidad, la existencia de un trauma psíquico. A partir de entonces se produjo un rápido alejamiento entre ambos debido a la reticencia de Breuer ante la importancia que la sexualidad tenía para Freud, que concretó en temas como la sexualidad infantil. En particular, se centró en la atracción por la madre y el alejamiento y temor del padre, que

encontró descritos en la tragedia de Sófocles *Edipo rey* y que denominó en su honor como «complejo de Edipo».

En noviembre de 1899 (aunque el editor lo fechó en 1900), Freud publicó el que generalmente se considera su gran libro: *Die Traumdeutung* (*La interpretación de los sueños*), con el que quedó establecido definitivamente el psicoanálisis. Sin embargo, pasó prácticamente inadvertido: se imprimieron 600 ejemplares, de los que se vendieron 123 en las primeras seis semanas y 228 en los años siguientes, un detalle que habla por sí solo sobre las dificultades iniciales que tuvo el psicoanálisis en su difusión. En una carta a su gran amigo, el médico y psicólogo alemán Wilhelm Fliess (1858-1928), fechada el 26 de noviembre de 1899, Freud comentaba la recepción que estaba teniendo el libro:

> El libro de los sueños aún no ha causado ningún eco. Hasta ahora las rentas supuestamente son satisfactorias. Mi filósofo, Harry G. [referencia con intención aparentemente humorística, utilizando el inglés, a Heinrich Gomperez], es muy divertido, parece que tiene toda clase de bonitas y chistosas ideas y gradualmente se abre […]. Sus sueños citan constantemente mis sueños, que entonces olvida y así sucesivamente.
>
> *La interpretación de los sueños* parece más difícil a los demás de lo que yo he indicado. El Dr. Seb. Löwy [¿Sebastián Lövy, médico vienés y amigo de Fliess?] se ha sentido directamente implicado en muchos pasajes que conciernen al hogar. Estoy muy interesado en saber si una persona no neurótica puede sacar algo del libro.

Y unos meses después, el 10 de julio de 1900, en otra carta a Fliess:

> El gusto de la gente por el libro de los sueños comienza a dejarme frío y estoy empezando a deplorar su destino. Es evidente que las

> gotas han ablandado la piedra. Por otra parte, no he tenido noticias de ninguna otra discusión y los ocasionales reconocimientos por parte de las personas con que suelo tratar resultan más ofensivos que la condena general de silencio. Yo mismo no he encontrado por ahora ninguna corrección que hacer. Es y seguirá siendo verdad.

Aunque, con el paso del tiempo, las ideas y tesis de Freud fueron mostrando serias deficiencias, no se debe olvidar que aquéllas fueron determinantes en convertir el subconsciente en objeto de estudio científico y que inspiraron contribuciones como las de Jean Piaget (1896-1980), quien extendió los enfoques psicoanalíticos mientras investigaba en los niños los orígenes de los conceptos de tiempo, espacio, causalidad y objetividad. Por el contrario, el conductivismo, un movimiento psicológico fundado por el norteamericano John Watson (1878-1958) y desarrollado por otros, notablemente Burrhus Frederic Skinner (1904-1990), negó cualquier papel central a las emociones o sentimientos. En su lugar, intentó comprender el comportamiento humano (y animal) como resultado de actos reflejos, hábitos y respuestas aprendidas ante ciertos estímulos, un enfoque al que dio base fisiológica el científico ruso Iván Pavlov (1849-1936) con sus famosos trabajos con perros sobre lo que denominó «reflejos condicionados».

¿Por qué la guerra?

Se ha conservado un gran número de cartas enviadas o recibidas por Freud; la mayor parte de las publicadas están dedicadas a cuestiones propias del psicoanálisis. Entre las no pertenecientes a este dominio se encuentran las dos cartas abiertas que Freud y Albert

Einstein se intercambiaron en 1932. Su origen radicó en la Sociedad de las Naciones —organismo internacional creado en junio de 1919 por el Tratado de Versalles con el propósito de fomentar la paz entre todas las naciones—, que en 1932 pidió al Comité Internacional de Cooperación Intelectual que «promoviese un intercambio de cartas entre líderes del pensamiento, en las líneas que siempre han tenido lugar en las grandes épocas de la historia europea, seleccionando los temas que mejor sirvan a los intereses de la Sociedad de las Naciones y de la vida intelectual de la humanidad, y que se publicara de vez en cuando esa correspondencia». El primer volumen publicado bajo los auspicios de la Sociedad de las Naciones se tituló *A League of Minds* (*Una Liga de mentes*; en inglés, la Sociedad de las Naciones se denominaba League of Nations); contenía cartas de Gilbert Murray, Paul Valéry y otros. Para el segundo volumen, Léon Steinig, un oficial de la Sociedad, viajó a Berlín con el propósito de alistar a Einstein —que había formado parte del Comité Internacional de Cooperación Intelectual— en aquel proyecto, quien lo abrazó con entusiasmo. Como corresponsales, Einstein seleccionó al físico francés Paul Langevin, un viejo amigo suyo, y a Sigmund Freud. Él escribiría a Langevin, pero pidió a Steinig que contactase con Freud, con quien Einstein tenía poca relación. Únicamente se había encontrado con él en Berlín, en la Navidad de 1926, en casa de uno de los hijos del psicoanalista, Ernst. Freud describió este encuentro a su hija Anna, también psicoanalista, en una carta fechada pocos días después, el 29 de diciembre: «Einstein fue muy interesante, jovial, alegre, feliz; hablamos durante dos horas, más sobre análisis que

sobre la teoría de la relatividad. Actualmente, está leyendo y, naturalmente, no está convencido. Parece mayor de lo que esperaba, cuarenta y ocho años». Debido a varios proyectos con la Sociedad en los que Langevin estaba involucrado, la correspondencia entre éste y Einstein no llegó a producirse, pero sí se carteó con Freud, quien respondía a la carta de Steinig el 6 de junio de 1932:

> Mientras leía su carta, me he sumergido con todo el entusiasmo que soy capaz de reunir a mi edad (setenta y seis) y en mi estado de desilusión. Las palabras con que usted expresa sus esperanzas y las de Einstein para el futuro del psicoanálisis en la vida de los individuos y de las naciones suenan ciertas y por supuesto me dan mucho placer. […] Consideraciones prácticas e idealistas se combinan para ponerme a disposición del Instituto de Cooperación Intelectual con todas las energías que me quedan.

Poco después de recibir esta carta, Steinig se reunió con Freud para explicarle con más detalles el proyecto.

El 30 de julio de 1932, desde su casa de verano en Caputh, cerca de Potsdam, Einstein cumplió con el proyecto enviando la siguiente carta:

> Querido profesor Freud:
>
> […] ¿Existe algún medio que permita al hombre librarse de la amenaza de la guerra?
>
> En general se reconoce hoy que, con los adelantos de la ciencia, el problema se ha convertido en una cuestión de vida o muerte para la humanidad civilizada; y, sin embargo, los ardientes esfuerzos desplegados con miras a resolverlo han fracasado hasta ahora de manera lamentable.
>
> Creo, por otra parte, que aquellos cuya tarea consiste en ocuparse práctica y profesionalmente de ese problema son cada vez más conscientes de su impotencia al respecto, y desean ahora muy vivamente recabar la opinión de los hombres que, absortos en el cultivo de la ciencia, son capaces de considerar los

problemas mundiales con la perspectiva que permite la distancia. En lo que a mí respecta, la dirección habitual de mi pensamiento no es de las que permiten una visión en profundidad de las zonas oscuras de la voluntad y el sentimiento humanos. De ahí que, en el intento de esclarecimiento ahora emprendido, apenas pueda hacer más que plantear claramente la cuestión y, dejando de lado las soluciones más elementales, ofrecerle a usted ocasión para que ilumine el problema con la luz de su profundo conocimiento de la vida instintiva del hombre.

Para mí que soy un ser libre de prejuicios nacionales, sólo hay una manera sencilla de abordar el aspecto superficial (es decir, administrativo) del problema: el establecimiento, por consentimiento internacional, de un órgano legislativo y judicial para resolver cuantos conflictos surjan entre las naciones. Cada nación se comprometería a someterse a las órdenes dictadas por ese órgano legislativo, a apelar al tribunal en todos los casos litigiosos, a plegarse sin reservas a sus decisiones y a ejecutar cuantas medidas estime necesarias para asegurar su aplicación. Pero aquí topo ya con una dificultad: un tribunal es una institución humana que en sus decisiones puede mostrarse tanto más accesible a las solicitaciones extrajudiciales cuanto menor sea la fuerza de que disponga para poner en práctica sus sentencias. Hay un hecho con el que tenemos que contar: derecho y fuerza se hallan inseparablemente unidos, y las decisiones judiciales se aproximan al ideal de justicia de la comunidad, en cuyo nombre e interés se pronuncian las sentencias, en la medida misma en que esa comunidad puede reunir las fuerzas necesarias para hacer respetar su ideal de justicia. Pero hoy estamos muy lejos de poseer una organización supraestatal que sea capaz de conferir a su tribunal una autoridad indiscutible y garantizar el sometimiento absoluto a la ejecución de las sentencias. Y así llego a mi primer principio o axioma: el camino que conduce a la seguridad internacional impone a los Estados el abandono incondicional de una parte de su libertad de acción o, dicho de otro modo, de su soberanía. Y no cabe la menor duda de que no existe otro camino que conduzca a la seguridad.

El fracaso, pese a su manifiesta sinceridad, de todos los esfuerzos que durante la última década se han desplegado con miras a alcanzar ese objetivo no nos deja resquicio para dudar de que en este punto intervienen poderosos factores psicológicos que paralizan tales esfuerzos. Algunos de esos factores son fácilmente perceptibles. La apetencia de poder que caracteriza a la clase gobernante en todas las naciones se opone a cualquier limitación de la soberanía nacional. Ese «apetito político de poder» se nutre

a menudo de las actividades de otro grupo cuyas aspiraciones tienen un carácter puramente material y económico. Pienso aquí en particular en ese grupo poco numeroso pero decidido que encontramos en todos los países y que forman individuos que, indiferentes a las razones e intereses sociales, consideran la guerra y la fabricación y venta de armas simplemente como una ocasión para obtener ventajas particulares y ampliar el campo de su poder personal.

Esta sencilla constatación es sólo un primer paso hacia la plena comprensión de la situación efectiva. Enseguida surge una pregunta: ¿cómo es posible que esa minoría consiga poner al servicio de sus ambiciones a la gran masa del pueblo que de las guerras sólo obtiene sufrimiento y empobrecimiento? (Cuando hablo de la masa del pueblo, no pretendo excluir a los militares de cualquier graduación que han elegido la guerra como su profesión, con la convicción de que contribuyen a defender los más altos valores de su raza y de que el ataque es a menudo el mejor medio de defensa.) Me parece que una respuesta evidente a tal pregunta sería que esa minoría de dirigentes políticos tiene en sus manos la escuela y la prensa y generalmente también a la Iglesia. Ello le permite organizar y dominar los sentimientos de las grandes masas y convertirlas en su instrumento.

Pero ni siquiera esta respuesta explica el problema. Porque de ella surge otra pregunta: ¿cómo es posible que la masa, por efecto de esos medios artificiosos, se deje inflamar con tan insensato fervor y hasta el sacrificio de la vida? Sólo veo esta respuesta: el hombre lleva en sí mismo una necesidad de odio y de destrucción. En tiempos normales tal disposición existe en estado latente; sólo se manifiesta en circunstancias extraordinarias. Pero también puede despertársela con cierta facilidad y degenerar en psicosis colectiva. A mi juicio, es ésta la clave de todo el complejo de factores que venimos considerando, el enigma que sólo el conocedor de los instintos humanos puede resolver.

Llegamos así a una última pregunta: ¿existe la posibilidad de dirigir el desarrollo psíquico del hombre de manera que pueda estar mejor armado contra las psicosis de odio y de destrucción? En modo alguno me refiero aquí a las masas llamadas incultas. La experiencia demuestra que es más bien la llamada «Intelligentsia» la que resulta más fácil presa de las funestas sugestiones colectivas, ya que el intelectual no suele tener contacto directo con la experiencia vivida, sino que encuentra ésta en su forma más fácil y sintética: el papel impreso.

Para terminar, he aquí otra consideración: hasta ahora sólo he hablado de la guerra entre Estados o, dicho de otro modo, de los

conflictos internacionales. No ignoro que la agresividad humana se manifiesta también en otras formas y en distintas condiciones (por ejemplo, la guerra civil que en otros tiempos tenía móviles religiosos y hoy los tiene sociales, la persecución de las minorías nacionales…). Pero he insistido deliberadamente en la forma más típica, más cruel y más desenfrenada de conflicto porque es partiendo de esa forma como podrán encontrarse los medios para evitar los conflictos armados…

Reciba mis más cordiales saludos.

ALBERT EINSTEIN

El 12 de septiembre, Steinig escribía a Einstein:

Cuando visité al profesor Freud en Viena me pidió que le agradeciese sus amables palabras y que le dijera que se esforzaría en explorar el complicado problema de evitar la guerra. Tendrá su respuesta lista para comienzos de octubre, pero piensa que lo que tenga que decir no será muy esperanzador. «Toda mi vida —me dijo— he contado a la gente verdades que eran difíciles de tragar. Ahora que soy viejo, ya no quiero engañarlos.»

Wien im September 1932.

Lieber Herr Einstein!

-17 -

Alles, was die Kulturentwicklung fördert, arbeitet auch gegen den Krieg.

Ich grüsse Sie herzlich und bitte Sie um Verzeihung, wenn meine Ausführungen Sie enttäuscht haben.

Ihr

gez. Sigm. Freud.

Sigm Freud

Cartas de Freud a Einstein, septiembre de 1932.

En septiembre, antes de lo que había dicho a Steinig, Freud respondía a Einstein:

> Comienza usted planteando la cuestión del derecho y la fuerza. Es ése, sin duda alguna, el punto de partida de nuestra investigación. ¿Me permite usted que reemplace el término «fuerza» por el más incisivo y duro de «violencia»? Derecho y violencia son actualmente para nosotros una antinomia. Resulta fácil demostrar que el primero deriva de la segunda. [...]
>
> Los conflictos de intereses que surgen entre los hombres se resuelven pues, en principio, por la violencia. Así sucede en todo el reino animal, del que no podría excluirse al hombre. En su caso, evidentemente, a esos conflictos se suman los conflictos de ideas, que se elevan a las más altas cimas de la abstracción y cuya solución parece requerir otro tipo de técnicas. Pero esta complicación sólo aparecerá más tarde.
>
> En los orígenes, en una horda poco numerosa, la superioridad de la fuerza física decidía lo que debía pertenecer a uno u otro o cuál era la voluntad que debía respetarse. La fuerza física va a ser secundada y pronto reemplazada por el recurso a las armas: saldrá victorioso el que posea las mejores o el más diestro en su manejo.
>
> La intervención del arma señala el momento en que la supremacía intelectual comienza a sustituir a la fuerza bruta; el objetivo final de la lucha sigue siendo el mismo: una de las partes en conflicto se verá forzada, por los daños que se le infligen y por la destrucción de sus fuerzas, a renunciar a sus reivindicaciones o a su oposición. El máximo resultado se obtiene cuando la violencia elimina al adversario de manera perdurable, es decir, lo extermina.
>
> El procedimiento presenta dos ventajas: el adversario no podrá reiniciar la lucha y la suerte que ha corrido tendrá en los demás un efecto disuasivo. Por otra parte, el hecho de liquidar al enemigo satisface una disposición instintiva, a la que nos referiremos más adelante. Suele suceder que la voluntad de matar sea contrarrestada por el cálculo del provecho que puede obtenerse del enemigo si, una vez sojuzgado, se le perdona la vida. En ese caso, la violencia se contenta con esclavizar en lugar de matar. Es así como se empieza a tratar con mayor indulgencia al enemigo, pero en ese caso el vencedor tendrá que contar con la sed de venganza del vencido, renunciando así en parte a su propia seguridad.

De la violencia al derecho. [...]

Sabemos que esa situación ha ido evolucionando y que un camino ha llevado de la violencia al derecho, pero ¿cuál? No hay más que uno, a mi juicio, y es el que muestra que varios débiles unidos pueden hacer frente a uno más fuerte: «La unión hace la fuerza». Así, la unión socava la violencia; la fuerza de esos elementos reunidos representa el derecho, en oposición a la violencia de uno solo.

Vemos pues que el derecho es la fuerza de una comunidad. Pero sigue siendo violencia, una violencia siempre dispuesta a volverse contra todo individuo que se resista a ella, y que trabaja con los mismos medios y persigue los mismos objetivos; la única diferencia reside en el hecho de que ya no es la violencia individual la que triunfa, sino la de la comunidad. Pero, para que ese paso de la violencia al nuevo derecho se cumpla, es necesario llenar un requisito psicológico. La unión del grupo debe ser estable y duradera. Si se creara con el solo designio de combatir a uno más poderoso, para disolverse una vez vencido éste, el resultado sería nulo. El primero en considerarse más fuerte que los demás trataría nuevamente de imponer su hegemonía por la violencia, y el juego se repetiría indefinidamente.

La comunidad debe mantenerse en forma permanente, organizarse, establecer reglamentos que prevengan las posibles insurrecciones, designar órganos que velen por la observación de los reglamentos, de las leyes, y que aseguren la ejecución de los actos de violencia de conformidad con la ley. El reconocimiento de una comunidad de intereses de esta naturaleza contribuye a crear entre los miembros de un grupo lazos de orden sentimental, y en esos sentimientos comunitarios se basa la fuerza de la colectividad. [...]

La situación no presenta mayores complicaciones mientras la comunidad se componga de un número limitado de individuos de fuerza semejante. Las leyes de esa asociación determinan entonces, en lo que atañe a las manifestaciones de violencia, la parte de libertad personal a la que el individuo debe renunciar a fin de que la vida en común prosiga con tranquilidad.

Pero esa situación sólo puede concebirse teóricamente; en realidad, el asunto se complica, pues desde su origen la comunidad encierra elementos de fuerza desigual, hombres y mujeres, padres e hijos, y muy pronto la guerra y el sojuzgamiento crean vencedores y vencidos, que se transforman

en amos y esclavos. El derecho de la comunidad será entonces la expresión de esas desigualdades de poder, las leyes estarán hechas para y por los dominadores, y se concederán escasas prerrogativas a los dominados.

A partir de ese momento el orden jurídico se encuentra expuesto a dos tipos de ataques: en primer lugar, los intentos de uno u otro señor de pasar por encima de las restricciones impuestas a sus iguales y volver, por consiguiente, del imperio del derecho al imperio de la violencia; en segundo lugar, los esfuerzos constantes de los individuos para ampliar su poder y lograr que sus conquistas sean reconocidas por la ley, contrariamente al caso anterior, el paso de la desigualdad de derechos a la igualdad de derechos para todos. Esta última corriente adquiere verdadera importancia cuando dentro de la comunidad, a raíz de factores históricos diversos, se modifican verdaderamente las atribuciones del poder. El derecho puede adaptarse entonces a las nuevas condiciones, pero lo más frecuente es que la clase dirigente se resista a tenerlas en cuenta: se producen entonces las insurrecciones, la guerra civil y, por consiguiente, la suspensión momentánea del derecho, con nuevos abusos de autoridad, al término de los cuales se instaura un nuevo régimen de derecho. Hay aún otra fuente de transformación del derecho, que sólo se manifiesta pacíficamente: el cambio cultural que se opera en los miembros de la comunidad; pero ello forma parte de otro tipo de fenómenos que abordaremos más adelante.

Una instancia suprema.

Vemos entonces que, incluso dentro de una comunidad, no es posible evitar el recurso a la violencia para resolver los conflictos. Pero las necesidades y la comunión de intereses que nacen de la coexistencia en un mismo suelo favorecen el apaciguamiento de esas luchas, y con estos auspicios, las posibilidades pacíficas de solución progresan constantemente. Sin embargo, basta echar un vistazo a la historia de la humanidad para asistir a un desfile incesante de conflictos entre una comunidad y uno o varios grupos humanos, entre unidades vastas o reducidas, entre ciudades, países, tribus, aldeas o imperios; esos conflictos, por lo general, se resuelven mediante el enfrentamiento de fuerzas en una guerra. Esas guerras concluyen con el saqueo o con la sumisión completa y la conquista de una de las partes.

No cabe emitir un juicio global sobre las guerras de conquista.

Muchas de ellas, como las de los mongoles y los turcos, no han traído más que desgracias; otras, en cambio, han contribuido a transformar la violencia en derecho al crear unidades más vastas donde desaparecía la posibilidad de recurrir a la fuerza y un nuevo régimen de derecho atenuaba los conflictos.

Fue el caso de las conquistas romanas, que aportaron a los países mediterráneos la valiosa *pax romana*. Las ambiciones territoriales de los reyes de Francia, por su parte, crearon un reino floreciente y unido en la paz. Por paradójico que parezca, tenemos que reconocer que la guerra podría ser un medio inadecuado para instaurar la paz «eterna», pues se revela capaz de formar amplias unidades en las que un poder central impide nuevas guerras.

Sin embargo, la guerra no logra ese resultado, pues los éxitos de la conquista son por lo general breves y las unidades así creadas terminan casi siempre por disgregarse por falta de cohesión entre las partes reunidas por la fuerza. Y, además, hasta ahora la conquista sólo ha logrado crear unificaciones parciales de gran envergadura, cuyos conflictos reclaman precisamente soluciones violentas. El único resultado obtenido con esos esfuerzos bélicos ha sido reemplazar las innumerables e incesantes escaramuzas por grandes guerras, tanto más devastadoras cuanto menos frecuentes.

En lo que atañe a nuestra época, se impone la misma conclusión a la que usted ha llegado por un camino más corto. Sólo es posible evitar con toda seguridad la guerra si los hombres convienen en instituir un poder central y someterse a sus decisiones en todos los conflictos de intereses. En ese caso es indispensable cumplir dos condiciones: crear una instancia suprema de esa índole y dotarla de la fuerza apropiada. Sin la segunda, la primera carece de utilidad. Ahora bien, la Sociedad de Naciones ha sido instituida como autoridad suprema, pero no se ha llenado el segundo requisito, pues no dispone de una fuerza propia y sólo puede obtenerla si los miembros de la nueva asociación, los diversos Estados, se la otorgan. No cabe esperar, de momento, que ello ocurra.

Pero no se comprendería en definitiva por qué motivo esta institución fue creada si no se recordara que representa un intento rara vez concebido en la historia de la humanidad y nunca realizado en tales proporciones. Un intento cuyo objetivo es adquirir la autoridad, es decir, la influencia coercitiva, basada habitualmente en la posesión de la fuerza, recurriendo a ciertos principios ideales.

Dos factores, como hemos visto, garantizan la cohesión de una

comunidad: el poder de la violencia y las relaciones basadas en los sentimientos, las identificaciones, como se las llamaría en lenguaje técnico entre los miembros del grupo. Si uno de los factores desaparece, es posible que el otro mantenga la cohesión de la comunidad. Tales nociones sólo tendrán sentido si corresponden a importantes elementos comunitarios.

Queda por saber cuál es su poderío. La historia nos enseña que esas nociones han ejercido una influencia real. La idea panhelénica, por ejemplo, la conciencia de ser mejor que los bárbaros vecinos, cuya vigorosa expresión se encuentra en las confederaciones anfictiónicas, en los oráculos y los juegos, fue bastante poderosa para moderar el comportamiento bélico de los griegos, pero no lo suficiente para suprimir los conflictos armados entre las diversas facciones de ese pueblo y ni siquiera para disuadir a una ciudad o a una federación de ciudades de aliarse con los persas para humillar a un rival. El sentimiento de comunidad cristiana, cuya fuerza es sin embargo conocida, tampoco impidió que en la época del Renacimiento pequeños y grandes Estados cristianos buscaran el apoyo del sultán en las guerras que se libraban entre ellos.

Tampoco en nuestra época hay una idea a la que pueda atribuirse semejante poder conciliador. Los ideales nacionales que gobiernan hoy día a los pueblos es evidente que favorecen los antagonismos. No faltan los que predicen que sólo la difusión universal de la ideología bolchevique pondrá término a las guerras, pero de todas maneras estamos lejos de ese desenlace, y tal vez sólo se llegará a ello a costa de terribles guerras civiles. Se diría, pues, que el intento de reemplazar el poderío material por el de las ideas está por el momento destinado al fracaso. Se comete un error de cálculo al olvidar que el derecho era, en un principio, la fuerza bruta y que todavía no puede abstenerse de recurrir a ella.

Instinto de vida e instinto de muerte.

Me parece oportuno comentar ahora otra de sus ideas. Usted se asombra de que sea tan fácil incitar a los hombres a la guerra y supone que existe en los seres humanos un principio activo, un instinto de odio y de destrucción dispuesto a acoger ese tipo de estímulo. Creemos en la existencia de esa predisposición en el hombre y durante estos últimos años nos hemos dedicado a estudiar sus manifestaciones.

¿Podría, a este respecto, exponerle parte de las leyes del instinto a las que hemos llegado, después de tantos tanteos y vacilaciones? Admitimos que los instintos del hombre pertenecen exclusivamente a dos categorías: por una parte, los que quieren conservar y unir, a los que llamamos eróticos, exactamente en el sentido de Eros en el Banquete de Platón, y sexuales, dando explícitamente a ese término el alcance del concepto popular de sexualidad; y, por otra, los que quieren destruir y matar, que englobamos dentro de las nociones de pulsión agresiva o pulsión destructora.

En resumen, no es más que la transposición teórica del antagonismo universalmente conocido del amor y del odio, que es tal vez una forma de la polaridad de atracción y de repulsión que desempeña un papel en el terreno que a usted le es familiar. Pero no nos haga pasar demasiado rápido a las nociones de bien y de mal. Ambas pulsiones son igualmente indispensables, pues de su acción conjugada o antagónica proceden los fenómenos de la vida.

Ahora bien, al parecer no es posible que un instinto de una de esas categorías pueda afirmarse aisladamente; siempre está ligado, de acuerdo con nuestra expresión, a una cierta proporción de la otra categoría, que modifica su finalidad o, según los casos, es indispensable para su materialización. Así, por ejemplo, el instinto de conservación es de naturaleza erótica, pero es justamente ese instinto el que ha de recurrir a la agresión si desea que triunfen sus intenciones. Igualmente, el instinto amoroso, referido a objetos, necesita una cierta dosis de instinto de posesión si quiere en definitiva apoderarse de su objeto. Y es precisamente la dificultad de aislar ambos tipos de instinto, en sus manifestaciones, lo que durante tanto tiempo nos ha impedido reconocerlos.

Si usted desea que profundicemos más, verá que las acciones humanas encierran una complicación suplementaria. Es muy raro que un acto obedezca a una sola incitación instintiva, que ya en sí debe ser una combinación de eros y de destrucción. Por lo general, varios motivos, con una combinación similar, deben coincidir para provocar la acción. [...]

Cuando se incita a los hombres a la guerra, un llamamiento de esa índole puede encontrar eco por diversos motivos, unos nobles, otros vulgares, algunos de los que se habla abiertamente y otros sobre los que es preferible callar. No hay razón para que los enumeremos todos. La inclinación a la agresión y a la destrucción forma parte de ellos: las innumerables muestras de barbarie que jalonan la historia y la vida cotidiana no hacen más que confirmar

su existencia.

Al excitar esas inclinaciones a la destrucción valiéndose de otras tendencias eróticas y espirituales, se les da naturalmente un medio de manifestarse con mayor libertad. A veces, cuando oímos hablar de las crueldades de la historia, tenemos la impresión de que los móviles idealistas sólo han servido de pretexto a los apetitos destructores; en otros casos, si se trata por ejemplo de los horrores de la Santa Inquisición, pensamos que los móviles ideales se han situado en primer plano, en el consciente, y que los móviles destructores les han dado, en el inconsciente, un suplemento de fuerza. Caben ambas posibilidades. [...]

Quisiera insistir un poco más en nuestro instinto de destrucción, al que, pese a estar de actualidad, no se da la importancia que merece. Con un pequeño esfuerzo de especulación hemos llegado a concebir que esta pulsión actúa en todo ser viviente y tiende a provocar su ruina, a hacer que la vida vuelva al estado de materia inanimada. Una inclinación semejante merecía realmente la denominación de instinto de muerte, en tanto que las pulsiones eróticas representaban los esfuerzos en aras de la vida. Ese instinto de muerte se convierte en una pulsión destructora debido a que se exterioriza, con ayuda de ciertos órganos, contra los objetos. El ser animado protege, por así decirlo, su propia existencia destruyendo el elemento extraño.

Pero una parte del instinto de muerte sigue actuando en el fuero íntimo del ser animado y hemos procurado atribuir toda una serie de fenómenos normales y patológicos a esta reversión interior de la pulsión destructora. Hemos cometido incluso la herejía de explicar el origen de nuestra conciencia por uno de esos vuelcos de la agresividad hacia el interior. Como usted ve, no se podría analizar un fenómeno semejante a la ligera, cuando se manifiesta a una escala demasiado amplia, pues pasa a ser realmente malsano; sin embargo, el empleo de esas fuerzas instintivas para la destrucción en el mundo exterior alivia al ser vivo y debe tener consecuencias benéficas. Ello puede servir de excusa biológica a todas las inclinaciones odiosas y peligrosas contra las que luchamos.

No podemos dejar de reconocer que están más próximas de la naturaleza que la resistencia que les oponemos y a la cual tenemos aún que encontrar una explicación. [...]

Cabe entonces concluir, para volver al tema que nos ocupa, que sería inútil pretender suprimir las inclinaciones destructoras del hombre. En las comarcas felices de la tierra, donde la naturaleza ofrece profusamente todo cuanto el ser humano necesita, debe de haber pueblos cuya existencia transcurre plácidamente y que no

conocen ni el apremio ni la agresión. Me cuesta creerlo y estaría encantado de saber más sobre esos seres felices.

Partiendo de nuestras leyes mitológicas del instinto, llegamos fácilmente a una fórmula que abre indirectamente una vía a la lucha contra la guerra. Si la propensión a la guerra es producto de la pulsión destructora, hay que apelar entonces al adversario de esa inclinación, al eros. Todo lo que engendra, entre los hombres, lazos sentimentales debe reaccionar contra la guerra.

Esos lazos pueden ser de dos tipos. En primer lugar, relaciones como las que se manifiestan frente a un objeto de amor, incluso sin intenciones sexuales. El psicoanálisis no debe ruborizarse de hablar de amor en este caso, pues la religión emplea un lenguaje semejante: ama a tu prójimo como a ti mismo. Obligación fácil de enunciar, pero difícil de cumplir. La segunda categoría de lazos sentimentales es la que procede de la identificación. En ellos descansa, en gran medida, el edificio de la sociedad humana.

En una crítica que usted formula contra el abuso de autoridad encuentro una segunda indicación para la lucha indirecta contra la inclinación a la guerra. Es una de las facetas de la desigualdad humana, desigualdad innata que no es posible combatir, la que determina esta repartición en jefes y en vasallos. Estos últimos forman la gran mayoría; necesitan una autoridad que adopte por ellos decisiones a las que se someten casi siempre sin reservas.

Cabría señalar, en este orden de ideas, que sería bueno empeñarse en formar, mejor de lo que se ha hecho hasta ahora, una categoría superior de pensadores independientes, de hombres inaccesibles a la intimidación y entregados a la búsqueda de la verdad, que asumirían la dirección de las masas desprovistas de iniciativa. Que el imperio que ejercen los poderes del Estado y la prohibición de pensar de la Iglesia no se prestan a una formación semejante no hay ninguna necesidad de demostrarlo.

El Estado ideal residiría naturalmente en una comunidad de hombres que hubiesen sometido su vida instintiva a la dictadura de la razón. Nada podría crear una unión tan perfecta y tan resistente entre los hombres, aun cuando tuviesen que renunciar a los lazos sentimentales que los unen. Pero es muy probable que ésa sea una esperanza utópica. Las demás vías y medios de impedir la guerra son ciertamente más plausibles, pero no permitirán lograr éxitos con rapidez. No es agradable imaginar molinos de viento que molerían tan lentamente que habría tiempo para morirse de hambre antes de obtener la harina. [...]

Pero ¿por qué nos rebelamos tan vigorosamente contra la guerra, usted y yo y tantos otros, y por qué no la aceptamos como una de las innumerables vicisitudes de la vida? Parece sin

embargo estar conforme con la naturaleza, tener un claro fundamento biológico, ser casi inevitable. No se escandalice de la pregunta que formulo aquí. Para poder realizar una investigación, tal vez sea lícito adoptar una máscara de impasibilidad que no se posee para nada en la realidad.

Y he aquí cuál será la respuesta: porque todo hombre tiene derecho a su propia vida, porque la guerra destruye vidas humanas cargadas de promesas, coloca al individuo en situaciones que lo deshonran, lo obliga a matar a su prójimo contra su voluntad, aniquila preciosos valores materiales, producto de la actividad humana, *etc.* Podrá añadirse, además, que la guerra, en su forma actual, no permite de ningún modo que se manifieste el antiguo ideal de heroísmo y que la guerra del mañana, gracias al perfeccionamiento de los instrumentos de destrucción, equivaldría al exterminio de uno de los adversarios o quizá de los dos.

Todo eso es exacto y parece tan inobjetable que sólo cabe extrañarse de que un acuerdo unánime de la humanidad no haya prohibido aún la guerra. Es posible, evidentemente, discutir algunos de esos puntos y preguntarse, por ejemplo, si la comunidad no debe tener también un derecho sobre la vida del individuo; no cabe tampoco condenar sin apelación todos los gérmenes de guerra; mientras haya imperios y naciones decididos a exterminar sin piedad a los demás, estos últimos deberán estar equipados para la guerra. Pero dejemos de lado esos problemas de una vez por todas, pues no es ésa la discusión en la que usted quería embarcarme.

Quiero llegar a otro punto: creo que la razón esencial por la que nos rebelamos contra la guerra es que no podemos hacer otra cosa. Somos pacifistas porque tenemos que serlo en virtud de móviles orgánicos. Y sobre esa base nos resulta fácil justificar nuestra actitud con argumentos.

Pero es indispensable una explicación.

He aquí lo que tengo que añadir: desde tiempos inmemoriales la humanidad sufre el fenómeno del desarrollo de la cultura. (Ya sé que algunos prefieren usar el término civilización.) A este fenómeno debemos lo mejor de que estamos hechos y buena parte de lo que sufrimos. Sus causas y sus orígenes son oscuros, su resultado es incierto y algunos de sus caracteres son fácilmente discernibles. [...]

Las transformaciones psíquicas que acompañan el fenómeno de la cultura son evidentes e indudables. Consisten en una evicción progresiva de los fines instintivos, unida a una limitación de las reacciones impulsivas. Sensaciones que, para nuestros

antepasados, eran sinónimo de placer, ahora nos son indiferentes o incluso intolerables; hay razones orgánicas que explican la transformación que han sufrido nuestras aspiraciones éticas y estéticas.

Entre las características psicológicas de la cultura, dos aparecen como las más importantes: el fortalecimiento del intelecto, que tiende a dominar la vida instintiva, y la reversión interior del impulso agresivo, con todas sus consecuencias favorables y peligrosas. Ahora bien, las concepciones psíquicas hacia las cuales nos arrastra la evolución de la cultura son incompatibles con la guerra, y por eso debemos rebelarnos contra ésta; lisa y llanamente, no podemos soportarla; no es una repugnancia meramente intelectual y afectiva, sino que para nosotros, pacifistas, es una intolerancia constitucional, una idiosincrasia que en cierto modo alcanza su máxima expresión. Y, al parecer, las degradaciones estéticas que supone la guerra no son mucho menos graves, para nosotros, que las atrocidades que suscita.

Y ahora, ¿cuánto tiempo será necesario para que a su vez los demás se vuelvan pacifistas? No lo sabemos, pero tal vez no sea una utopía esperar que la acción de esos dos elementos, la concepción cultural y el temor justificado de las repercusiones de una conflagración futura, pueda poner término a la guerra en un futuro próximo. Por qué caminos o desvíos, es imposible adivinarlo. Mientras tanto, podemos decirnos: todo lo que trabaja en favor del desarrollo de la cultura trabaja también contra la guerra.

Parece que a Einstein no le desilusionó la respuesta de Freud, al que escribió el 3 de diciembre lo siguiente:

Ha hecho usted un regalo inestimable a la Sociedad de las Naciones y a mí con su verdaderamente clásica respuesta. Cuando yo le escribí estaba completamente convencido de la insignificancia de mi papel, que solamente pretendía expresar mis buenos deseos, conmigo como el anzuelo en el cebo; para intentar que el maravilloso pez lo mordisquease. No podemos saber lo que pueda crecer de esta semilla, al igual que el efecto sobre el hombre de cualquier acción es siempre incalculable. Esto no está dentro de nuestro poder y no necesitamos preocuparnos de ello. Usted ha ganado mi gratitud y la gratitud de todas las personas por haber dedicado toda su fuerza a la búsqueda de la verdad y

por haber demostrado un muy poco frecuente coraje al profesar sus convicciones durante toda su vida.

El Instituto Internacional de Cooperación Intelectual publicó la correspondencia Einstein-Freud en París en 1933. Lo hizo en tres idiomas (parece que dos mil ejemplares en cada caso): en alemán, *Warum Krieg? Ein Briefwechsel, Albert Einstein und Sigmund Freud*; en inglés, *Why War?*, y en francés, *Pourquoi la guerre?* Pero cuando se publicó, Hitler ya estaba en el poder y fue prohibida en Alemania, incluso su anuncio.[10]

El «adiós» de Freud a Einstein

En 1936, Einstein escribió a Freud para felicitarle por su ochenta cumpleaños, y éste respondió desde Viena el 3 de mayo con una interesante carta en la que reconocía que sabía desde hacía tiempo qué opinaba Einstein sobre sus teorías psicoanalíticas:

> Querido profesor Einstein:
>
> Su lucha para que no conteste a su encantadora carta es vana, pues no tengo más remedio que decirle lo contento que me ha dejado saber la modificación de sus juicios o, al menos, el pequeño avance logrado en tal dirección. Naturalmente, siempre he sabido que me admiraba sólo «por cortesía» y que hay muy pocas de mis afirmaciones que le convenzan. Sin embargo, me he preguntado con frecuencia qué es lo que hay de admirable en ellas si no son verdad, es decir, si no contienen un alto grado de verdad. Incidentalmente, ¿no cree usted que me habrían tratado mejor si mis doctrinas hubieran incorporado un porcentaje más elevado de error y locura?
>
> Es usted mucho más joven que yo, y puedo esperar que para cuando llegue a mi edad se haya convertido en discípulo mío. Como no estaré en este mundo para enterarme, anticipo ahora tal satisfacción. (Ya se da cuenta de lo que pienso: «Anticipando orgullosamente tan altiva bendición, disfruto ahora», etcétera.)

Con cálida devoción y la admiración de siempre, suyo,

SIGM.

Las dudas de Freud sobre la opinión de Einstein acerca de sus teorías probablemente tuvieron su origen en 1928, cuando se promovió la candidatura de Freud para el Premio Nobel de Medicina o Fisiología y Einstein se negó a apoyarla. El 15 de febrero de ese año, Einstein escribía al doctor Heinrich Meng, el principal promotor de la idea, que no podía ofrecer ninguna opinión fiable sobre las teorías de Freud; además, dudaba que un psicólogo como Freud pudiera obtener el Premio Nobel de Medicina o Fisiología, que, «supongo, es el único que se puede considerar como posible».

Los archivos de la Fundación Nobel permiten conocer las propuestas para los diferentes Premios Nobel que se recibieron hasta los últimos cincuenta años. Sigmund Freud fue propuesto 33 veces, todas para el Premio Nobel de Medicina o Fisiología, salvo una para el de Literatura (lo propuso Romain Rolland en 1936). La primera la presentó en 1915 William White; en 1917, 1918, 1919 y 1920 lo hizo Robert Báránay. En 1927 se recibieron cuatro propuestas, en 1929 dos, en 1932 una, en 1933 dos, en 1936 dos, en 1937 catorce y en 1938 dos (una de las de los dos últimos años corrió a cargo del prestigioso fisiólogo Otto Loewi, Premio Nobel en 1935).

Como he señalado, Einstein escribió a Freud para felicitarlo por su octogésimo cumpleaños. Con ocasión de tan señalada fecha, Thomas Mann pronunció una conferencia en su honor en Viena: «Freud und die Zukunft» («Freud y el futuro»). En una carta que Freud envió el 31 de mayo de 1936 al escritor Arnold Zweig,

de origen judío como Freud y un ferviente seguidor de las teorías freudianas (incluso se sometió a un tratamiento psicoanalítico con el propio Freud, con quien mantuvo una extensa correspondencia), se refería a esa conferencia y a la situación sociopolítica que ya existía en Austria y fuera de ella:

> La visita de Thomas Mann, el discurso que pronunció y las conferencias públicas que dio para la celebración eran acontecimientos satisfactorios e impresionantes. Hasta los colegas vieneses se unieron también a las celebraciones, pero hubo toda clase de indicios que delataban lo duro que se les hacía. El ministro de Educación envió un ceremonioso y cortés mensaje de felicitación, pero a los periódicos se les prohibió, bajo pena de confiscación, de hacer mención alguna de este acto de simpatía. En numerosos artículos periodísticos, de aquí y del extranjero, se expresó lisa y llanamente rechazo y odio. Tuve así la satisfacción de ver que la sinceridad no ha desaparecido de este mundo.

Einstein escribe a su hijo Eduard sobre Freud, Schiller y Shakespeare

Como cualquier otra persona con hijos, los científicos también escriben cartas a éstos (veremos otros ejemplos, uno en la siguiente sección y otro más adelante con Francis Crick). Y Einstein no fue una excepción, como muestra la carta que escribió a su hijo pequeño, Eduard (1910-1965), que cito a continuación, en la que le comentaba lo que pensaba de las teorías de Freud, además de sus lecturas de Schiller y la intención de leer a Shakespeare. La carta no está fechada pero debió ser escrita en noviembre o diciembre de 1937, con Einstein desde hacía años en Princeton (Eduard, familiarmente llamado «Tetel» o «Tete» estaba en Zúrich, internado la mayor parte del tiempo debido a la esquizofrenia que padecía; nunca abandonó Suiza, ni volvió a ver a su padre):

Querido Tetel,

Espero que ya hayas recibido de Viena las conferencias de Freud. Yo mismo leí en el pasado la mayor parte de ellas. Realmente, me hacen admirar al autor, pero no me convencieron de que sus teorías fuesen correctas.

Debo admitir, sin embargo, que, basado en mis experiencias personales, mi creencia en esas teorías se está debilitando. Ahora pienso que él tenía algo, al menos con respecto a las tesis principales.

Te habría escrito antes, pero el trabajo me mantiene muy ocupado. Incluso aunque se diga que el trabajo de una sola persona no tendrá mucho impacto en la gran visión, esto no disminuye la pasión con la que perseguimos nuestros intereses, y eso es una buena cosa.

Aunque las ilusiones personales puedan llevar calor y alegría a la vida de uno cuando se es joven, no duran toda la vida. Ésta sería triste si el trabajo y la pasión del descubrimiento no existiera.

Actualmente, en mi tiempo libre estoy leyendo los poemas de Schiller, que he descuidado desde mi juventud. Parecen un poco pomposos, pero al mismo tiempo son apasionantes en su elección de palabras y gramática. Estoy realmente feliz de haberlos retomado de nuevo.

Me habría gustado enviarte otro libro además del de Freud, pero no sabía cuál mandarte, especialmente porque ya no obtengo muchos escritos alemanes.

Cuando tenga algún tiempo libre extra después de Schiller, quiero comenzar a leer a Shakespeare, todo lo de él que pueda conseguir. Si tú quieres leerlo también, ¿acaso podríamos discutirlo en algún momento del futuro?

Albert [Hans Albert (1904-1973), su otro hijo] es una verdadera delicia – ha estado viajando alrededor del país durante las últimas 6 semanas y habría visto y experimentando muchas cosas interesantes. Espero que haya seguido mi consejo y escrito un diario, pero no tengo grandes esperanzas. Cuando se trata de hablar y escribir parece que padece estreñimiento crónico.

Con mis recuerdos más cariñosos,

PAPÁ

El dolor del desarraigo, pero «morir en libertad»

¿Cuánto dolor puede producir, en las postrimerías de

una vida, el verse obligado a abandonar tu casa, tus recuerdos y seguramente muchas, o incluso todas, de tus más preciadas posesiones? Pues bien, esto es lo que le sucedió a Sigmund Freud, que tuvo que abandonar su hogar de Viena y marcharse a un nuevo país, a una nueva ciudad, Londres. Lo tuvo que hacer por el creciente peligro que significaba su origen judío en una Austria que desde el 13 de marzo de 1938 pasó a formar parte —la *Anschluss*— de Alemania, la Alemania gobernada por Adolf Hitler. Que el peligro era real se manifestó de diversas maneras. Una temprana fue, como anotó Freud en su diario, la invasión de su piso en Bergasse 19 por pandillas de incontrolados y camisas pardas, que registraron todo buscando documentos comprometedores. Peor fue cuando el 22 de marzo la Gestapo arrestó a su hija Anna. Pasó varias horas detenida y estuvo en un tris de correr el destino de tantos judíos: ser trasladada a algún campo de deportación (= exterminio). Sólo las buenas relaciones internacionales y el prestigio de Freud permitieron que, después de múltiples trámites, se autorizase su salida de Austria, acompañado de varios miembros de su familia. Inglaterra, y en concreto Londres, terminó siendo su destino.

Antes de que esto ocurriera, el 12 de mayo de 1938 escribía desde Viena a Ernst Freud, su hijo menor, arquitecto que vivía en Londres:

> Querido Ernst:
>
> Te escribo sin ningún motivo específico para ello, a no ser el hecho de encontrarme aquí sentado, inactivo e incapaz de moverme, mientras Anna va de acá para allá, arreglando cosas con las autoridades y atando cabos económicos. Ya puede uno «ver el viaje». Sólo esperamos «luz verde» de Hacienda, que se supone llegará dentro de la próxima semana.

Dos esperanzas me mantienen en estos tiempos tan miserables: volver a veros y… morir en libertad [estas tres palabras las escribió en inglés]. A veces me comparo con el viejo Jacob, que cuando era muy anciano fue llevado por sus hijos a Egipto, como Thomas Mann piensa relatar en su próxima novela [ésta sería *Joseph und seine Brüder IV. Joseph der Ernährer* (*José y sus hermanos IV. José, el proveedor*), publicada en 1943 en Estocolmo]. Esperemos que en esta ocasión no haya necesidad de emprender otro éxodo en dirección contraria, pues ya es hora de que Asuero [el nombre que aparece en el libro bíblico de Ester, el rey persa con quien ésta se casó] encuentre descanso en algún lugar.

Queda por ver cómo soportaremos los viejos las dificultades inherentes a la vida en otro país, aunque vosotros nos ayudaréis. Frente a la dicha de sentirse liberado, no existe nada que pueda considerarse importante. Anna se las arreglará bien, desde luego, y eso es lo principal, pues, si se tratara sólo de nosotros, los ancianos de edades que oscilan entre setenta y tres y ochenta y dos años, toda esta empresa no hubiera valido la pena.

Si llegara allí cubierto de riquezas, iniciaría una nueva colección con la ayuda de tu cuñado [Hans M. Calmann, anticuario de Londres]. Como no será así, tendré que conformarme con las dos figuritas que la princesa [su amiga, Marie Bonaparte] rescató en su primera visita y con las que compró durante su última estancia en Atenas y guarda para mí en París. No tengo ni idea de qué porcentaje de mi colección lograré que me envíen [toda la colección llegó a Inglaterra]. Todo este asunto me recuerda la anécdota del hombre que trataba de rescatar la jaula con el pájaro del edificio en llamas.

Podría seguir escribiendo en términos parecidos durante horas y horas, pero sé que estás demasiado ocupado para leerlas. Por tanto, me despido con saludos cariñosos para ti, Lux y todos los niños, de

PAPÁ

Ya instalado por fin en Londres, el 22 de junio de 1938 escribía a su hermano Alex:

Querido Alex:

En realidad, me pongo con gran reluctancia a contestar tu carta y pronto sabrás por qué. El hecho es que las cosas marchan aquí bien para nosotros, y hasta diría que muy bien si no fuera por mi lesionado corazón y por la irritada vejiga, que vienen a

recordarme la transitoriedad de la felicidad humana. Esta Inglaterra —como pronto verás por ti mismo— es, a pesar de cuanto pueda parecernos extraño, peculiar y difícil, y todo eso abunda aquí, un bendito país, habitado por personas buenas y hospitalarias. Al menos, tal es la impresión que me han dejado las primeras semanas. No puede recogerse en palabras la cordialidad de la acogida que nos dispensaron y sería preciso decir que nos ensalzaron producto de una psicosis popular. (Me siento impulsado a expresarme poéticamente.) Apenas llevábamos aquí tres días cuando ya el correo repartía correctamente las cartas dirigidas únicamente al «Doctor Freud, Londres» o «Frente a Regents Park», y un taxista que traía a Anna exclamó al ver el número: «¡Anda, es la casa del doctor Freud!». Los periódicos nos han popularizado. Nos han inundado de flores, y podría haberme indigestado fácilmente con la fruta y los dulces que nos regalan. En cuanto a las cartas, he estado trabajando como un amanuense durante dos semanas enteras, intentando separar la paja del grano y (perdóname la mediocre comparación) contestar a este último. Hubo correspondencia de los amigos y también de un número sorprendente de extraños que deseaban simplemente expresar su alegría porque hayamos podido escapar a tierras más seguras, y que no esperaban nada a cambio. A éstos hay que añadir, naturalmente, las hordas de cazadores de autógrafos, chiflados, lunáticos y hombres píos de los que se dedican a enviar textos de los Evangelios, que promueven la salvación, y toda clase de tentativas para convertir al incrédulo e iluminar el futuro de Israel. A estas comunicaciones hay que añadir aún las de las sociedades eruditas a las que ya pertenezco y las procedentes del interminable número de asociaciones judías que desean nombrarme miembro honorario. En una palabra, que por primera vez y con retraso estoy empezando a saber lo que es ser famoso.

Sólo me queda por decirte que Minna, la cual ha padecido evidentemente la misma clase de pulmonía bronquial que tú tuviste hace poco, empieza a recobrarse; que Robert y Mathilde llevan la casa muy bien; que Martha lo está pasando en grande, y que Anna, como de costumbre, trabaja en beneficio propio y de los demás. Apenas vemos a Harry. En cuanto a ti, te aconsejo que esperes pacientemente hasta que puedas abandonar tu exilio suizo. Las perspectivas que te ofrecen los nazis parecen sorprendentemente favorables. ¿Serán esos canallas realmente capaces de una cosa así? ¿Habrá aún en ellos vestigios de decencia o de justicia? Si te cercioraras de que es así, házmelo saber enseguida.

Saludos afectuosos para ambos. Tuyo,

Una carta-obituario sobre Freud

Sigmund Freud no pasó mucho tiempo en Londres, pues falleció allí el 23 de septiembre de 1939, extrañado de su querida Viena. Muy poco después, el 2 de octubre, Lucie Freud (Brasch de soltera), esposa de Ernst Freud, escribía a «Grockchen» (Felix Augenfield). Fue un buen y sentido recuerdo a un hombre que forma parte de la historia del pensamiento y la cultura universal:

> Este mes ha sido eternamente largo y eternamente doloroso. Papá empezó realmente a morir el 3 de septiembre. Te escribí sobre esto en mi última carta. Una inyección de Schur retrasó esto por entonces y por esta razón se vio obligado a morir ante nuestros ojos completamente consciente. Querido, te ahorraré los detalles porque sería demasiado doloroso para ti. Me limitaré a los pocos momentos positivos. Hasta el final era totalmente él en las pocas horas y luego pocos minutos del día en que no estaba durmiendo o con dolor. Fue indescriptiblemente amable y cariñoso con todos nosotros, conmovedoramente paciente conformándose con todo, y su gratitud, incluso por el respiro más corto de su sufrimiento, se podía ver en sus brillantes ojos. Quería tanto seguir vivo mientras existiese un rayo de esperanza de que podría superar la enfermedad. Lo maravilloso del cuidado de Annerl [su hija Anna] no fue su propio sacrificio (se acostumbró durante las últimas semanas a no dormir nada) ni tampoco el esfuerzo ejemplar que es tan evidente en ella. Lo maravilloso fue que él nunca la vio con otra cosa que no fuese una expresión de felicidad en su rostro. Un ambiente pacífico, animado, casi hogareño imperaba en la habitación del enfermo (durante las últimas cuatro semanas él estaba en el piso de abajo con las puertas abiertas y con vistas al jardín). Quizá la felicidad que realmente siempre se veía en la expresión de Annerl es la explicación de algo sobre él que no he podido comprender: que sin decir palabra aceptase el propio sacrificio de Annerl, casi al punto de su autodestrucción. Le pregunté a ella y me confirmó mi suposición de que ni de día ni de noche hubiera dicho jamás una palabra de agradecimiento.

¿Quizá, incluso medido contra esa inaudita devoción, él era todavía quien daba?

Fue sólo el viernes por la mañana, cuando por primera vez resultó imperativo darle morfina y el doctor nos dijo que no recobraría de nuevo la conciencia y que él, el doctor, no podría permitir que eso sucediera, cuando Annerl llorara por primera vez. La muerte fue una liberación, no tan amarga como la teatralidad del fin que precedió a esa hora. Todos sus hijos y Roberto y yo y el doctor Schur y el doctor Stross sentados con él desde la mañana del viernes hasta alrededor de la medianoche del sábado. Mandamos a mamá y a la tía arriba, después de que se quedasen dormidas en sus sillas la noche del viernes. Sólo Annerl y yo nunca nos acostamos. Él durmió durante cuarenta horas, respirando de manera tranquila. Su corazón quería seguir latiendo. Finalmente se paró, justo antes de la medianoche.

De nuevo llevamos la cama arriba, y su habitación con tu silla, en la que yo me sentaba a veces durante las noches, está como estaba antes. Sólo que terriblemente vacía.

38
LA ÚLTIMA CARTA DE ÉVARISTE GALOIS*

La mera mención del nombre de Évariste Galois (1811-1832) evoca sensaciones profundas y diferentes. La del recuerdo de un joven que murió con veinte años, cuando tenía toda la vida por delante, y que sin embargo dejó un legado, una huella imborrable en la matemática.

Educado hasta los doce años en su casa, a esa edad entró en el Liceo Real Louisle-Grand de París, donde comenzó a tomar conciencia de situaciones políticas que más tarde condicionarían su vida, a la vez que se despertaba su interés por la matemática; fue allí donde conoció dos textos matemáticos clásicos, *Eléments de Géometrie*, de Legendre, y *Resolution des equations numériques*, de Lagrange (la resolución de ecuaciones fue el problema del que surgirían sus mejores trabajos), y supo de las investigaciones de otro joven matemático, el noruego Niels Henrik Abel (1802-1829). Galois intentó por dos veces, sin éxito, ser admitido en la prestigiosa École Polytechnique, en donde tendría más posibilidades para obtener una sólida formación matemática; sin embargo, tuvo que conformarse con la École Preparatoire —fue aceptado en febrero de 1830—, donde se preparaban los futuros profesores de centros como el Liceo Louisle-Grand. Durante su estancia allí, la École cambió su nombre al de École Normale Supérieure y se convirtió, al igual que la Polytechnique, en otro de los centros más prestigiosos de Francia.

En febrero de 1830 presentó a la Académie des

Sciences una *Mémoire sur les conditions de résolubilité des équations par radicaux* (*Memoria sobre las condiciones de resolución de ecuaciones por radicales*) para optar al Gran Premio de la Académie, pero el encargado de evaluarla era el secretario de la corporación, Joseph Fourier, quien estaba enfermo (falleció poco después) y parece que se había llevado a su casa la memoria para leerla y nunca la devolvió. El premio fue adjudicado a Abel. Casi al mismo tiempo, en abril y junio, publicó varios artículos breves en el *Bulletin général et universel des annonces et des nouvelles scientifiques* del barón de Férussac, una revista que normalmente publicaba sólo trabajos de revisión y cuyo editor era Sturm. En esos artículos presentaba trabajos sobre lo que más tarde se denominaría «teoría de Galois».



Évariste Galois.

Los intereses matemáticos de Galois se vieron obstaculizados por los acontecimientos políticos que tuvieron lugar en París en el verano de 1830. Protestas cada vez más intensas de bonapartistas y republicanos contra el ultraconservador rey Carlos X condujeron a una insurrección con graves altercados en las calles de París. Finalmente, el rey abdicó y abandonó Francia, pero para decepción de los insurgentes fue sustituido por el conservador duque de Orleans, que tomó el nombre de Luis Felipe. Ardiente republicano, Galois se involucró cada vez más en las actividades populares

en contra de la monarquía. Acabó siendo expulsado de la École, después arrestado y condenado, en octubre de 1831, a seis meses en la prisión de Sainte-Pélagie; pasó las últimas seis semanas en una casa de salud privada como medida para evitar la epidemia de cólera que estaba afectando a París. Antes, en enero y a instancias de Siméon Denis Poisson, envió a la Académie una nueva versión de su memoria de 1830, pero, aunque fue leída, no encontró un mejor destino que la anterior. El 4 de julio, Poisson y Lacroix informaron que se habían esforzado en comprender las pruebas de Galois, pero que «sus argumentos no son ni suficientemente claros ni están suficientemente desarrollados».

No pararon ahí las desgracias y problemas para el vehemente y revolucionario Galois. El 30 de mayo de 1832 murió a consecuencia de las heridas que recibió en un duelo a pistola para lavar el honor de una mujer supuestamente ofendida. Esa historia ha sido contada mil veces, pero aún continúa atrayendo la atención, siendo revivida una y otra vez. Presintiendo su final, la noche anterior al duelo la pasó escribiendo una carta a su mejor amigo, Auguste Chevalier (1809-1868). En ella resumía algunos de sus trabajos, que había intentado publicar, pero que Cauchy no los había considerado lo suficientemente interesantes, o acaso no les había dedicado el tiempo necesario para juzgarlos. En pocas palabras, la aportación de Galois fue darse cuenta de que el problema de desarrollar una teoría general de las ecuaciones algebraicas (o polinómicas) está regido, en cada caso particular, por un cierto conjunto de permutaciones, al que denominó «grupo» —un concepto relacionado estrechamente con el de simetría— y que se convertiría en uno de los

instrumentos centrales en el desarrollo de la matemática y de la física teórica. En su historia de la matemática del siglo XIX, Felix Klein resumió la aportación de Galois en los términos siguientes:

> El concepto de grupo se desarrolló primero en la teoría de ecuaciones algebraicas. Las operaciones de grupo de las que aquí se trata son las *n!* permutaciones de las *n* raíces $x_1, x_2, \ldots, x_n$ (donde siempre contamos también la «operación idéntica», es decir, aquélla que deja a cada *x* en su sitio).
>
> Seguramente fue Lagrange (1770) el primero que cayó en la cuenta de que la solución general de ecuaciones de segundo, tercer y cuarto grado sólo es comprensible si se considera la estructura de los grupos consistentes en las mencionadas permutaciones de dos, tres o cuatro letras.
>
> De entre los investigadores que a continuación se ocuparon del grupo de permutaciones conjuntas de *n* letras es Cauchy, sobre todo, quien encontró notables teoremas. [...]
>
> Pero la teoría de grupos no alcanzó su significación central en las ecuaciones algebraicas hasta 1831 con Galois, de quien procede asimismo el término «grupo». Lagrange y los demás habían operado ingenuamente con el dominio de racionalidad de coeficientes variables arbitrarios (lo que aquí llamamos ecuaciones «generales») [...]. Galois supone en cambio un dominio de racionalidad de algún modo determinado y fijo, y afirma que respecto a éste cualquier ecuación dada queda caracterizada por un grupo definido de permutaciones de las raíces, que no tiene por qué contener como en Cauchy todas las permutaciones.

En la carta que Galois escribió a Chevalier, fechada el 29 de mayo de 1832, antes de darle instrucciones sobre lo que debía hacer con ella, como si fuera —que lo fue— su testamento, decía (elimino los detalles técnicos):

> Mi querido amigo:
>
> En análisis he hecho varias cosas nuevas.
>
> Unas se refieren a la teoría de las ecuaciones; otras, a las

funciones integrales.

En la teoría de las ecuaciones, he investigado en qué casos las ecuaciones se pueden resolver mediante radicales, lo que me ha dado ocasión de profundizar en esta teoría y de escribir todas las transformaciones posibles sobre una ecuación, inclusive aquéllas que no es posible resolver por radicales.

Se podría preparar con todo esto tres memorias.

La primera está escrita y, a pesar de lo que dice Poisson, la mantengo, con las correcciones que ya he hecho.

La segunda contiene aplicaciones bastante curiosas de la teoría de ecuaciones. [...]

La tercera memoria concierne a las integrales. [...]

Sabes, mi querido Auguste, que estos temas no son los únicos que he explorado. Mis principales meditaciones, desde hace algún tiempo, estaban dirigidas a la aplicación al análisis transcendente de la teoría de la ambigüedad. Se trataba de ver, *a priori*, en una relación entre cantidades o funciones transcendentes qué cambios se podrían hacer, qué cantidades podrían sustituir a las cantidades dadas, sin que la relación dejara de tener lugar. Esto lleva a reconocer inmediatamente la imposibilidad de muchas expresiones que se podrían buscar. Pero no he tenido tiempo, y mis ideas no están todavía bien desarrolladas en este terreno, que es inmenso.

Harás que esta carta se imprima en la *Revue encyclopédique*.

A menudo, a lo largo de mi vida, me he aventurado a proponer proposiciones de las que no estaba seguro; pero todo lo que he escrito ahí lleva al menos un año en mi cabeza, y estoy muy interesado en no equivocarme para que no se sospeche que he enunciado teoremas de los que no tenía la demostración completa.

Rogarás públicamente a Jacobi o a Gauss que den su opinión, no sobre la verdad, sino sobre la importancia de estos teoremas.

Después de esto, habrá, espero, personas que encontrarán provecho en descifrar todo este lío.

Te abrazo efusivamente,

E. GALOIS

Emociona leer estas palabras, y no podemos evitar preguntarnos qué maravillas matemáticas habría podido producir Galois si hubiese vivido algo más. Acaso ninguna, pues ¿no se supone que la gran creatividad matemática es patrimonio de la juventud?

Que la comunidad matemática haya impuesto como condición para recibir «su Premio Nobel», la Medalla Fields, el no haber sobrepasado los cuarenta años de edad abona semejante idea, que apoyan ejemplos como los de Niels Henrik Abel, que murió con veintiséis años de tuberculosis, el mismo mal que se llevó a los treinta y nueve años a Bernhard Riemann.

39
GAUSS, JÁNOS BOLYAI Y LAS GEOMETRÍAS NO EUCLIDEAS*

El siglo XIX fue magnífico para la ciencia: el electromagnetismo, la teoría de la evolución de las especies, una nueva geología, la teoría microbiana de la enfermedad o la teoría neuronal constituyen hitos que pasaron a formar parte del más sólido cuerpo científico, aunque fueran necesarios añadidos y ajustes en el futuro. Pero no he mencionado todos los hitos. Falta uno, también fundamental: el de las geometrías no euclidianas, el desarrollo matemático más importante del siglo XIX y uno de los más notables de toda la historia de la matemática. Y no quiero olvidar la matemática de los infinitos, que nos aparecerá en otro capítulo.

Los *Elementos*, de Euclides, una de las cumbres de la matemática de todos los tiempos, un modelo del razonar (axiomas de los que mediante las reglas de la lógica se derivan proposiciones y teoremas), contiene un postulado, un axioma (el quinto), que afirma que por un punto exterior a una recta sólo puede pasar una paralela a ésta, que interviene en la demostración de que los ángulos interiores de un triángulo suman 180 grados.11 Aunque el postulado parecía verdadero, algunos pensaron que era demasiado complicado para que se tratara de un postulado y a lo largo de los siglos se realizaron intentos de deducirlo de los demás axiomas de partida de la geometría euclidea. Entre los que lo intentaron se encuentran Omar Khayyam (1048-1131) y Nasir al-Din al-Tusi (1201-1274), cuyos trabajos, traducidos al latín, inspiraron a Girolamo Saccheri (1667-1733). En 1733, Saccheri publicó un libro de trescientas páginas titulado *Euclides ab omni*

naevo vindicatus (*Euclides liberado de toda mácula*), en el que intentaba demostrar que el postulado en cuestión no debía formar parte de la base del edificio euclidiano; en realidad, aunque él no lo aceptó, terminó construyendo una geometría, la primera, no euclidea. Barajando ideas no muy diferentes a las de Saccheri, Johann Heinrich Lambert (1728-1777) estuvo cerca de construir un sistema no euclidiano.

Esa cuestión se resolvió en las primeras décadas del siglo XIX, pero no demostrando que el quinto postulado se podía deducir de otros, sino construyendo geometrías —geometrías no euclidianas — en las que ese postulado era sustituido por otros que afirmaban que por un punto exterior a una recta pasaban o ninguna o infinitas paralelas.

Gauss

El primero que llegó a resultados firmes fue Carl Friedrich Gauss (1777-1855), «el príncipe de las matemáticas». Pero no publicó sus resultados, sino que se los comentó en algunas cartas al astrónomo Heinrich Christian Schumacher, fundador de la prestigiosa revista *Astronomische Nachrichten*. En una fechada el 17 de mayo de 1831 decía que había comenzado a escribir sus meditaciones sobre las líneas paralelas hacía cuarenta años, esto es, por los años 1792-1794. En otra carta del 28 de noviembre de 1846, comentaba que, en 1792, cuando tenía quince años, había pensado en una geometría «que tendría que existir, y lo haría de una manera rigurosamente consistente si la geometría euclidea no fuera correcta». En su diario, en una entrada de septiembre de 1799, escribió: «*In principiis geometriae egregios progressus fecimus*» («Hemos hecho un excelente progreso en los principios de geometría»).

En la Universidad de Gotinga, donde Gauss comenzó sus estudios en octubre de 1795, existía un vivo interés por la cuestión de las paralelas. Uno de los estudiantes con quien coincidió allí, y que se convirtió en un amigo íntimo durante toda su vida, fue el húngaro Farkas (también conocido como Wolfgang) Bolyai (1775-1856), que compartió su interés por el quinto postulado al que dedicó grandes esfuerzos a lo largo de los años. El 16 de diciembre de 1799, Gauss compartía con Farkas sus avances:

> En cuanto a mí, mis trabajos están ya muy adelantados; pero el camino por el que he penetrado no conduce al fin que se persigue, y que tú afirmas haber alcanzado [se refería a la demostración de que el quinto postulado se deducía de otros axiomas], sino que más bien conduce a poner en duda la existencia de la geometría.



Carl Friedrich Gauss, Christian Albrecht Jensen.

He llegado, es verdad, a muchas cosas, que para la mayor parte de las personas constituirían una demostración válida, pero que, en mi opinión, no prueban, por decirlo así, nada; por ejemplo, si se pudiese demostrar que dada un área cualquiera existe un triángulo rectilíneo de área mayor, entonces estaría en condiciones de demostrar con perfecto rigor toda la geometría.

Casi todos, es cierto, quisieron dar a esto el título de axioma; yo no. Podría, en efecto, suceder que, por lejanos que entre sí estuvieran los vértices de un triángulo en el espacio, su área fuese, sin embargo, inferior a un límite asignado. Poseo muchas afirmaciones como ésta, pero no encuentro ninguna de ellas satisfactoria.

Pero poco a poco fue avanzando, para quedar convencido de que podían existir otras geometrías diferentes de la euclidiana.[12] Así, el 28 de abril de 1817 compartía sus ideas —en esa ocasión de índole filosófica— con el astrónomo Heinrich Olbers, hoy recordado especialmente por la denominada «paradoja de Olbers» (si el tamaño del universo fuese infinito, entonces toda línea de visión desde la Tierra terminaría por encontrarse con una estrella, de manera que el cielo estaría completamente iluminado):

Estoy cada vez más convencido de que la necesidad de nuestra geometría no puede ser probada, al menos no por la razón *humana*, ni tampoco por razonamiento humano. Es posible que en otra vida alcancemos conclusiones sobre la naturaleza del espacio a la que en ésta no tenemos acceso. Mientras tanto no debemos poner a la geometría a la par de la aritmética —que existe puramente *a priori*—, sino más bien de la mecánica, cuyos principios se toman del mundo material por abstracción.

En otras palabras, Kant podía estar equivocado cuando sostenía que la geometría euclidiana constituía uno de los *a priori* del conocimiento, una especie de filtro que la mente humana imponía para recibir las sensaciones, la información exterior del mundo.

Siete años después de la carta anterior, Gauss se sentía tan seguro de sus resultados que el 8 de noviembre de 1824 escribió al matemático alemán

Franz Adolph Taurinus lo siguiente:

En cuanto a tu intento, no tengo nada (o casi nada) que decir salvo que es incompleto. Cierto es que tu demostración de la prueba de que la suma de los tres ángulos de un triángulo plano no puede superar 180º carece en cierta medida de rigor geométrico. Pero eso en sí mismo tiene fácil remedio y no existe duda de que tal imposibilidad puede probarse con todo rigor. Pero la situación es muy diferente en la parte segunda: que la suma de ángulos no pueda ser menor que 180º; éste es el punto crítico, el escollo en que ocurren todos los naufragios. Supongo que no te has ocupado de este problema por mucho tiempo. Yo he reflexionado sobre él cerca de treinta años, y no creo que haya nadie que haya pensado sobre esta segunda parte más que yo, aunque nunca he publicado nada.

La hipótesis de que la suma de los tres ángulos es menor que 180º conduce a una curiosa geometría, muy diferente de la nuestra [la euclidea], pero totalmente consistente, la cual he desarrollado a mi entera satisfacción, de manera que puedo resolver cualquier problema con ella, a excepción de la determinación de una constante que no puede ser designada *a priori*. Cuanto más grande se tome la constante, más se aproxima esta geometría a la euclidea; y coincide con ella cuando la constante es infinitamente grande. Los teoremas de esta geometría parecen paradójicos, y absurdos al no iniciado, pero una reflexión pausada y constante revela que en absoluto contienen nada imposible. Por ejemplo, los tres ángulos de un triángulo pueden llegar a ser tan pequeños como se desee, con sólo alargar suficientemente los lados; sin embargo, el área del triángulo nunca puede pasar de un límite definido, no importa lo que se alarguen los lados, ni tampoco alcanzarlo.

Todos mis esfuerzos por descubrir una contradicción, una inconsistencia, en esta geometría no euclidea han sido vanos, y la única cosa en la que se opone a nuestras concepciones es que, si fuese cierta, existiría en el espacio una magnitud lineal, determinada por ella misma (pero desconocida para nosotros). Pero me parece que, a pesar de la sabiduría verbal de los metafísicos, que nada conocen, sabemos muy poco o casi nada sobre la naturaleza real del espacio como para considerar un *absolutamente imposible* lo que nos parece como no natural. Si esta geometría no euclidea fuese cierta, y fuera posible comparar tal constante con magnitudes tales como las que nos encontramos en nuestras mediciones de la Tierra y de los cielos, podría ser determinada *a posteriori*. Consecuentemente, bromeando, he expresado algunas veces el deseo de que la geometría euclidea no

> fuese cierta, pues entonces tendríamos *a priori* una unidad de medida absoluta.
>
> No temo que un hombre que ha demostrado poseer una mente matemática reflexiva interprete mal lo que acabo de decir, pero, en todo caso, considera esto como comunicación privada de la que no se ha de hacer uso público ni de ningún otro tipo que pudiera llevar a cualquier forma de publicidad. Tal vez yo mismo, si tengo más tiempo que el que ahora poseo, publique mis investigaciones.

Pasaron algunos años antes de que Gauss se animase a escribir el producto de sus reflexiones, como muestra la carta que envió a Schumacher el 17 de mayo de 1831:

> Hace algunas semanas he comenzado a escribir algunos resultados de mis meditaciones sobre este asunto, que se remontan en parte a cuarenta años, y de las cuales nada había redactado, lo que me ha obligado tres o cuatro veces a empezar de nuevo toda la labor en mi cabeza. No quisiera, sin embargo, que todo esto pereciera conmigo.

Es posible que su decisión de comenzar a escribir sus resultados tuviera que ver con la información que le llegó de su amigo Farkas Bolyai.



János Bolyai.

János Bolyai

En la carta de Gauss a Farkas Bolyai del 16 de diciembre de 1799 que he citado, «el príncipe de las matemáticas» mencionaba que Farkas afirmaba haber demostrado que el quinto postulado se derivaba de otros. Pero no era cierto que lo hubiera logrado. Sabemos, no obstante, que perseveró en su búsqueda de resultados significativos en esa dirección. Precisamente por todos los esfuerzos que dedicó a intentar demostrar que el quinto postulado no era un

verdadero axioma, por el mucho tiempo que dedicó a esa cuestión sin haber conseguido nada, cuando vio que su hijo, János Bolyai (1802-1860), que acababa de entrar en la Academia de Ingenieros Militares de Viena en 1818, se dedicaba a lo mismo le escribió lo siguiente:

> No pierdas ni una hora en eso. No trae recompensa y envenenará toda tu vida. A pesar de que durante siglos se han dedicado a ello un centenar de grandes geómetras, ha sido completamente imposible demostrar el undécimo sin un nuevo axioma.[13] Creo que yo he agotado todas las ideas imaginables. Más aún, si también Gauss hubiese empleado su tiempo dándole vueltas al undécimo axioma, su teoría sobre polígonos, su *Theoria motus corporum colestium* y todos sus otros trabajos nunca habrían aparecido, y se habría quedado atrás. Puedo demostrar que estrujó su cerebro con las paralelas. Ha declarado tanto oralmente como por escrito que había meditado sin éxito sobre esto.

János no siguió el consejo de su padre y terminó teniendo éxito. El 3 de noviembre de 1823, János escribía a su padre:

> He decidido ahora, tan pronto como haya puesto en orden los materiales y mis circunstancias lo permitan, publicar un trabajo sobre la teoría de las paralelas. Todavía no lo he completado, pero el camino que he seguido hace que sea casi seguro que el fin será alcanzado, si éste es realmente posible: no he alcanzado aún la meta, pero he hecho descubrimientos tan maravillosos que casi me he visto abrumado por ellos y sería causa de continua pena si se perdieran. Cuando los veas, tú también los aceptarás. Por el momento sólo puedo decir esto: «*He creado un nuevo universo de la nada*». Todo lo que te he enviado hasta ahora no es sino un castillo de cartas comparado con la torre. Como si ya hubiese completado el descubrimiento, estoy totalmente convencido de que esto me reportará honor.

Inmediatamente, Farkas manifestó a su hijo su deseo de que ese trabajo se incluyese en el libro, *Tentamen*, que estaba planeando publicar (apareció en 1829):

> Si realmente has tenido éxito en esta cuestión, no debes perder tiempo en hacerlo público, por dos razones: primero, porque las ideas pasan fácilmente de uno a otro, que puede anticiparse en

publicarlas; y segundo, y existe alguna verdad en esto, que muchas cosas tienen su época, en la que son encontradas al mismo tiempo en varios lugares, igual que las violetas aparecen en todas partes en la primavera. Asimismo, toda lucha científica es una guerra seria, en la que no se puede decir cuándo llegará la paz. Por consiguiente, debemos conquistar cuando podemos hacerlo, puesto que la ventaja es siempre para el que llega primero.

En febrero de 1825, János envió a su padre un primer esquema de su trabajo (también lo hizo a J. Walter von Eckwehr, su antiguo profesor en la Escuela de Ingenieros Militares), con el que Farkas no estuvo del todo satisfecho porque en él aparecían constantes no definidas y numerosas hipótesis. Finalmente, János preparó un escrito en latín, *Appendix scientiam spatii absolute veram exhibens: a veritate aut falsitate Axiomatis XI, Euclidei, a priori haud unquam decidenda, independentem: adjecta ad casum falsitatis quadratura circuli geométrica* (*Apéndice que presenta la ciencia absolutamente verdadera del espacio: independiente de la verdad o falsedad del Axioma XI de Euclides, que nunca puede decidirse a priori: junto al caso de la falsedad de la cuadratura geométrica del círculo*), para que apareciese como apéndice en *Tentamen*. En junio de 1831 disponía de separatas de ese *Appendix* y envió una a Gauss. Debido a la epidemia de gripe existente, inicialmente Gauss sólo recibió la carta que acompañaba al trabajo, que por fin le llegó en febrero de 1832.

La reacción de Gauss fue favorable, pero se vio empañada al darse cuenta de que lo que había hecho era parecido a lo que él había conseguido en 1798. El 6 de marzo de 1832, seis semanas después de recibir el *Appendix* de János, Gauss escribía la siguiente carta a Farkas Bolyai:

Si comienzo diciendo que *soy incapaz de elogiar este trabajo* [el de

> János], usted seguramente se sorprenderá durante un momento. Pero no puedo decir otra cosa. Porque elogiarlo sería elogiarme a mí mismo. De hecho, todo el contenido del trabajo, el camino seguido por su hijo, coinciden casi completamente con mis meditaciones, que han ocupado mi mente parcialmente durante los últimos treinta o treinta y cinco años. De manera que me quedo bastante pasmado. En lo que se refiere a mi propio trabajo, del que hasta ahora he puesto poco en papel, mi intención era no publicarlo mientras viva. De hecho, la mayoría de las personas no tienen ideas claras sobre la cuestión de la que están hablando, y he encontrado muy pocos que podrían ver con algún interés especial lo que yo les comunicase sobre este tema. Para ser capaz de tener tal interés, es necesario en primer lugar haber dedicado tiempo a pensar cuidadosamente acerca de la naturaleza de lo que se quiere y sobre ese asunto casi todo es muy incierto. Por otra parte, mi idea era escribir todo más tarde de manera que al menos no pereciera conmigo. Para mí es, por consiguiente, una agradable sorpresa el verme librado de este problema, y estoy muy feliz de que sea precisamente el hijo de mi viejo amigo quien me preceda de tan notable manera.

Farkas informó enseguida a su hijo de la carta de Gauss, añadiendo: «La respuesta de Gauss con respecto a tu trabajo es muy satisfactoria y redunda en honor para nuestro país y nuestra nación». Pero por mucho que, según él, Gauss se hubiese alegrado, el hecho es que no dio publicidad al *Appendix* de János Bolyai, quien siempre sintió aversión por el «príncipe de las matemáticas».

Lobachevski

Como si existiera un *Zeitgeist*, un espíritu del tiempo del que brotasen, de manera independiente y en diferentes lugares, los descubrimientos —como decía Farkas Bolyai, «muchas cosas tienen su época, en la que son encontradas al mismo tiempo en varios lugares»—, el matemático ruso Nikolái Ivánovich Lobachevski (1792-1856) llegó aproximadamente a resultados parecidos, a una nueva geometría no euclidea. Desde el punto de vista personal, la biografía de este matemático se puede calificar con justicia de

árida. Nacido en Nizhni Nóvgorod (ciudad llamada Gorki entre 1932 y 1990), estudió a partir de 1807 en la joven Universidad de Kazán —inaugurada en 1805, fue la tercera que existió en Rusia, después de las de San Petersburgo y Moscú—, donde tuvo entre sus profesores a Johann Christian Martin Bartels, quien también había sido profesor de Gauss. En 1812, se graduó en Física y Matemáticas y diez años más tarde pasó a formar parte del claustro como catedrático. Aquel mismo año comenzó a desempeñar en su *alma mater* una carrera administrativa que ocuparía una parte importante de su vida. Al principio formó parte de un comité que supervisaba la construcción de nuevos edificios de la universidad, dos veces fue elegido director del Departamento de Física y Matemáticas, sirvió durante diez años de bibliotecario de la universidad y durante veinte años fue rector. Y, sin embargo, aunque tales ocupaciones suelen asociarse a personas con poco interés o creatividad en la producción de nuevos conocimientos científicos, dejó una huella inmortal en la historia de la matemática.

El 23 de febrero de 1826 presentó, en una reunión celebrada en su Departamento de Física y Matemáticas, el trabajo que contiene la base de su geometría no euclidea: «O nachalakh geometrii» (en ruso), esto es, «Sobre los principios de la geometría»; sin embargo, no se publicó hasta 1829, el mismo año en que lo hizo el *Tentamen* de Farkas Bolyai, con el *Appendix* de su hijo. Apareció en la revista rusa *Kazanskii vestnik, izdavaemyi pri Imperatorskom Kazamskom Universitet* (*Mensajero de Kazán*) en nueve entregas: febrero, marzo, abril, noviembre y diciembre de 1829, marzo, abril, julio y agosto de 1830. En

realidad, aunque la revista que incluía los artículos llevaba las fechas de 1829-1830, éstos no aparecieron hasta 1832; incomprendidos, recibieron duras críticas, entre ellas las de Mijaíl Vasílievich Ostrogradski, entonces el matemático más famoso de Rusia.[14] En 1840, con el deseo de hacer que su trabajo se conociera más —*Kazanskii vestnik* apenas era conocida fuera de Rusia—, Lobachevski publicó en alemán una monografía de sesenta páginas en la editorial berlinesa Fincke: *Geometrische Untersuchungen zur Theorie der Parallellinien* (*Investigaciones geométricas de la teoría de las paralelas*), que, según parece, impresionó a Gauss.

En lo que se refiere a las diferencias entre los trabajos de János Bolyai y de Lobachevski, el segundo construyó una geometría «hiperbólica» —de curvatura negativa, en la que la suma de los ángulos de un triángulo es menor que 180º— y desarrolló su dimensión analítica de manera completa, mientras que Bolyai se dedicó sobre todo a la cuestión de la dependencia o independencia del quinto Postulado de los teoremas de los *Elementos* de Euclides. Lobachevski construyó su sistema geométrico basándose en la negación del quinto Postulado, y Bolyai mostró qué proposiciones y construcciones de la geometría euclidea eran independientes de él, unas proposiciones que denominó «absolutamente ciertas», pertenecientes a la *ciencia absoluta* del espacio.

No obstante, los trabajos de Bolyai y Lobachevski, unidos a la actitud de Gauss, no favorecieron el interés por el descubrimiento de las geometrías no euclideas. Sólo una combinación de sucesos relanzó su estudio: la publicación entre 1860 y 1863 de la correspondencia de Gauss con Heinrich Schumacher, que incluía referencias favorables al trabajo de

Lobachevski, y la demostración en 1868 del italiano Eugenio Beltrami (1835-1900) de que la geometría de Lobachevski podía interpretarse como la geometría de una superficie de curvatura constante y negativa. Y a esto hay que añadir la lección de habilitación —el tema lo promovió Gauss— que el alemán Bernhard Riemann (1826-1866) pronunció en 1854: *Über die Hypothesen welche der Geometrie zu Grunde liegen* (*Sobre las hipótesis que sirven de fundamento a la geometría*). En honor a Riemann se habla de «espacios riemannianos», refiriéndose a una clase muy general de espacios de *n*-dimensiones; engloban, como casos particulares, los familiares espacios tridimensionales planos estudiados por Euclides, al igual que los no euclideos, que recibieron espaldarazo con la teoría de la relatividad general que Albert Einstein desarrolló en 1915.

40

KARL WEIERSTRASS Y SOPHIA KOVALEVSKAYA*

La matemática decimonónica abunda en nombres ilustres. A caballo entre el siglo XVIII y el XIX, trabajaron luminarias como Pierre-Simon Laplace, Adrien-Marie Legendre, Joseph Fourier, Carl Friedrich Gauss, Siméon-Denis Poisson, Augustin Cauchy y Nikolái Lobachesvki. Plenamente decimonónicos, y dejando fuera a los que fallecieron en el siglo XX (como George Cantor, Felix Klein, Henri Poincaré o David Hilbert), están János Bolyai, Niels Abel, Carl Jacobi, Lejeune Dirichler, William Rowan Hamilton, Joseph Liouville, Hermann Grassmann, Evariste Galois, James Joseph Sylvester, Arthur Cayley, Charles Hermite, Leopold Kronecker, Bernhard Riemann, Richard Dedekind, Sophus Lie y Karl Weierstrass (1815-1897), para muchos el matemático alemán más importante del siglo XIX después de Gauss y Riemann.

Weierstrass y Mittag-Leffler

Weierstrass es recordado especialmente por haber completado la revolución en el tratamiento riguroso del análisis debido a Cauchy y por sus aportaciones —unidas a las de Abel y Jacobi— a la teoría de las funciones elípticas. Tras unos años difíciles, terminó siendo reconocido con una cátedra en Berlín, donde tuvo entre sus estudiantes a Cantor, Klein, Lie, Lazarus Fuchs, Wilhelm Killing, Carl Runge, Gösta Mittag-Leffler y Sophia Kovalevskaya.



Karl Weierstrass.

Antes de proceder, es preciso decir algo sobre el sueco Gösta Mittag-Leffler, quien ya nos apareció, pues, además de su brillantez matemática —no comparable, sin embargo, a la de los matemáticos citados—, desempeñó un papel destacado en la comunidad matemática internacional, como veremos más adelante. Formado en la Universidad de Uppsala, donde se doctoró en 1872 con una tesis poco interesante, su carrera experimentó un cambio radical cuando se trasladó a París con una beca sueca en octubre de 1873. Allí asistió a las clases de Hermite

sobre funciones elípticas, que encontró difíciles de comprender, por lo que decidió emplear el segundo año de su beca en Berlín, en donde siguió las enseñanzas de Weierstrass. En una carta que envió en 1874, el año que pasó en la capital prusiana, al matemático noruego Bernt Holmboe, quien a través de su magisterio había ayudado a la formación de Abel, Mittag-Leffler describía la impresión que le habían causado las clases de Weierstrass, al igual que las de otro de los líderes de la matemática berlinesa, Kronecker. Merece la pena citar esta carta porque muestra lo diferentes que pueden a veces ser los «estilos», los modos de comportamiento, de los matemáticos:

> En cuanto al aspecto científico, estoy muy satisfecho de mi estancia en Berlín. En ningún sitio he encontrado tanto que aprender como aquí. Weierstrass y Kronecker tienen la inusual tendencia, para ser Alemania, de evitar publicar todo lo que les es posible. Es sabido que Weierstrass no publica nada, y Kronecker sólo resultados sin demostraciones. En sus clases presentan los resultados de sus investigaciones. Parece poco probable que en la matemática actual sea posible identificar algo que pueda competir con la teoría de funciones de Weierstrass, o con el álgebra de Kronecker. Weierstrass trata la teoría de funciones a lo largo de un ciclo de clases de dos o tres años en los que, comenzando por las ideas fundacionales más sencillas y claras, construye una teoría completa de las funciones elípticas y sus aplicaciones a las funciones abelianas, el cálculo de variaciones, *etc.* Lo más característico de su sistema es que es completamente analítico. Raramente recurre a la ayuda de la geometría, y cuando lo hace es sólo con el propósito de ilustrar. A mí esto me parece una ventaja absoluta con respecto a la escuela de Riemann, al igual que con la de Clebsch. Es posible que se pueda construir una teoría de funciones rigurosa tomando como punto de partida las superficies de Riemann, y que el sistema geométrico de Riemann sea suficiente para las propiedades actualmente conocidas de las funciones de Abel. […]
>
> Otra característica de Weierstrass es que evita todas las

> definiciones generales y todas las demostraciones que se refieren a las funciones en general. Para él una función es idéntica a una serie de potencias, de las que deduce todo. Sin embargo, a veces esto me parece un camino extremadamente difícil, y no estoy convencido de que en general no se deba alcanzar la meta más fácilmente comenzando, como Cauchy y Liouville, mediante un curso de definiciones completamente rigurosas. Otra característica de Weierstrass, al igual que de Kronecker, es la completa claridad y precisión de sus demostraciones. De la misma manera, ambos han heredado de Gauss el miedo a cualquier clase de metafísica que pueda afectar a sus ideas matemáticas fundamentales, y esto da a sus deducciones una simplicidad y naturalidad que difícilmente se ha visto antes presentada de forma tan sistemática y con tan alto grado de precisión.

En sus *Vorlesungen über die Entwicklung der Mathematik im 19. Jahrhundert* (*Lecciones sobre el desarrollo de la matemática en el siglo* XIX), Felix Klein señaló también la parquedad de las publicaciones de Weierstrass:

> Las *Weierstrass Vorlesungen*, esas lecciones suyas, son de particular importancia para nosotros porque él publicó muy poco. Sentía aversión, por principio, a la tinta de imprenta, que es cosa decididamente notable en esta «época de Gutenberg». Así, jamás puso en circulación copias de sus lecciones, exigía que fueran escuchadas y anotadas. A la sazón era costumbre en Berlín transcribir en forma totalmente esquemática cuanto uno pudiera sacar de los cursos de Weierstrass. Esas transcripciones se difundieron incluso en el extranjero, de manera que retroactivamente influyeron luego en nuestra ciencia.



Sophia Kovalevskaya.
© *Akg-images/Archive Photos/Album*

Sophia Kovalevskaya

No son muchas las mujeres que con anterioridad al siglo XX —y aun entonces menos de lo justo— dejaron huella en la matemática. La francesa Marie-Sophie Germain (1776-1831) y la rusa Sophia Vasilievna Krukovskaya (1850-1891), conocida familiarmente como Sonya Kovalevskaya, una vez casada, fueron las dos principales mujeres que escaparon de esa perversa limitación social. ¡Dos Sofías!

Mucho se ha escrito sobre Kovalevskaya, una mujer con atributos particularmente atractivos: excelencia matemática, actividades políticas progresistas —tal vez sería mejor decir revolucionarias—, así como dotes literarias. Todo acompañado de una vida ajetreada. Veamos algunos detalles de su biografía.

A pesar de que su padre, un general de artillería

ruso retirado, no veía con buenos ojos que las mujeres accediesen a una educación superior, dispuso que a los diecisiete años Sonya recibiera clases privadas de cálculo; su profesor quedó impresionado por la rapidez con que asimilaba sus enseñanzas. Como en Rusia no era posible entonces que una mujer estudiara en la universidad, ni desarrollara una carrera profesional, Sonya decidió abandonar su país para estudiar en otro lugar, pero existía un grave problema: para obtener los permisos de viaje necesarios, una mujer necesitaba estar casada. La solución habitual en estos casos era la de matrimonios nominales. Sonya encontró un joven, aspirante a paleontólogo (llegaría a serlo y con distinción), de ideas radicales, Vladimir Onufrievich Kovalevsky (1842-1883), que estaba dispuesto a desempeñar ese papel. El matrimonio nominal, con la fuerte oposición de su padre, tuvo lugar en septiembre de 1868, cuando Sonya tenía dieciocho años.

El año siguiente abandonaron Rusia, acompañados de una hermana de Sonya, Aniuta, que también deseaba ampliar horizontes, pero ésa es otra historia. La primera parada fue Viena —aquí Aniuta, mucho más combativa y revolucionaria que su hermana, siguió su propio camino y se marchó a París — y de ahí viajaron a Heidelberg, donde Sonya pudo asistir, no sin dificultad, a las clases de Bunsen, Kirchhoff, Helmholtz y de matemáticos como Paul du Bois-Reymond y Leo Königsberger, antiguos alumnos de Weierstrass. En Heidelberg, el matrimonio tomó caminos separados, aunque volverían a encontrarse pocos años después. Vladimir viajó a Inglaterra, donde conoció a Charles Darwin y Thomas H. Huxley, y Sonya se trasladó a Berlín; allí conoció a Weierstrass,

al que Königsberger había recomendado a Kovalevskaya.

Weierstrass nunca había tolerado la presencia de mujeres en sus clases, pero, impresionado por las respuestas de Sonya a las preguntas matemáticas que le formuló y ante la dificultad oficial de que pudiera asistir a sus clases en la universidad, decidió darle clases particulares gratuitas dos veces por semana. Fue el inicio de una amistad que duró hasta la temprana muerte de Kovalevskaya. Tras el fallecimiento de Sonya, Weierstrass quemó todas las cartas que había recibido de ella a lo largo de los años, lo que da idea del apego que el gran matemático sintió por su alumna-amiga. Las que él envió a Kovalevskaya, ¡aproximadamente 150!, se han conservado. En una de ellas, que Weierstrass escribió en las vacaciones de 1873, decía:

> Durante mi estancia aquí he pensado a menudo en usted e imaginado cómo sería si pudiera pasar solamente unas pocas semanas con usted, mi querida amiga, en este espectacular escenario natural. Qué maravilloso sería para nosotros estar aquí —usted con su imaginativa mente, yo estimulado y refrescado por su entusiasmo—, soñando y volando alegremente sobre los muchos problemas que nos quedan por resolver acerca de los espacios finitos e infinitos, la estabilidad del sistema solar y todos los otros grandes problemas de la matemática y la física del futuro. Sin embargo, he aprendido hace mucho a resignarme de que todo bello sueño no se hace realidad.

¿También el sueño de un hombre mayor, soltero, que vivía con sus dos hermanas, y que se sentía atraído por el talento y la belleza de una mujer mucho más joven que él? Algo que apoya esta posibilidad es que Gauss sí conservara las cartas que recibió de Sophie Germain, al menos las catorce que pasaron a la

Academia de Gotinga (en la actualidad están depositadas en la Niedersächsische Staats-und Universitätsbibliothek de Gotinga) tras la muerte de Gauss.

En 1873, Sonya y su marido volvieron a unir sus caminos, consumando finalmente una relación hasta entonces nominal; de hecho, en 1878 Sonya dio a luz a una niña, Sophia Valdimirovna. El año siguiente regresaron a Rusia, donde sus esperanzas de encontrar trabajos adecuados se vieron frustradas. En otoño de ese mismo año, Kovalevskaya obtuvo el doctorado, *in absentia*, con el grado de *summa cum laude*, en la Universidad Georgia Augusta de Gotinga, que no excluía a las mujeres (Weierstrass la ayudó en esto). Para su tesis presentó trabajos sobre ecuaciones diferenciales, integrales abelianas y la geometría de los anillos de Saturno; se publicaron en la prestigiosa revista matemática *Journal für die reine und angewandte Mathematik*, más conocida como la revista de Crelle, en honor de August Leopold Crelle, quien la fundó en 1826. Parte de su trabajo sobre ecuaciones diferenciales había sido realizado ya por Cauchy, sin que ni Weierstrass ni Kovalevskaya lo supieran; de ahí que ese resultado se cite habitualmente como «teorema de Cauchy-Kovalevskaya».

En San Petersburgo, Mittag-Leffler visitó a Kovalevskaya y, tiempo después, recordó aquella ocasión como sigue:

> Más que cualquier otra cosa, en San Petersburgo lo que encontré más interesante fue conocer a Kovalevskaya. […] Como mujer es fascinante. Es bella y cuando habla su cara se ilumina con tal expresión de amabilidad femenina y con la mayor inteligencia que es simplemente deslumbrante. Sus maneras son sencillas y naturales, sin la menor traza de pedantería o pretensión. En todos

> los aspectos es una completa «mujer de mundo». Como académica se caracteriza por su claridad y precisión de expresión, algo poco frecuente. […] Puedo comprender completamente el porqué Weierstrass la considera la más dotada de sus estudiantes.

En 1881, Sonya abandonó Rusia con su hija y dejó allí a su marido. Regresó a Berlín, donde, a pesar del apoyo de Weierstrass, no pudo encontrar un puesto. Al año siguiente se fue a París, dejando a su hija al cuidado de familiares en Odesa. Y el 27 de abril de 1883 le llegó la noticia de que su esposo se había suicidado, agobiado por problemas económicos.

Afortunadamente, Kovalevskaya no tardó en encontrar una salida a su dramática situación. Por entonces, algunas universidades estaban abriendo sus puertas a mujeres; una de ellas era la nueva Høgskola de Estocolmo, en la que se había integrado Mittag-Leffler, quien consiguió que se contratara por cinco años a Kovalevskaya. Y hacia allí se dirigió ella.

Señalé antes que Weierstrass había quemado todas las cartas que recibió de Kovalevskaya. Es cierto, pero el borrador de una de ellas sobrevivió. Lo encontró en enero de 1990 el historiador David Rowe mientras investigaba en los fondos documentales del Instituto Mittag-Leffler, ubicado en la pequeña localidad de Djuersholm, al noreste de Estocolmo, en la magnífica residencia de Mittag-Leffler. Kovalevskaya, que había llegado a Estocolmo a principios de diciembre de 1883, escribía a Weierstrass:

> Todos [los estudiantes] son muy talentosos y se inclinan sobre todo por los puntos de vista teóricos de las funciones. El último semestre di clases sobre la teoría de las funciones analíticas, y ahora acabo de terminar un curso sobre funciones analíticas de

varias variables basado completamente en su texto litografiado. Como dije, el próximo semestre trataré las ecuaciones diferenciales ordinarias, de manera que las clases sobre ecuaciones diferenciales parciales aparecerán relacionadas de forma natural con las suyas. Es cierto que lamento un poco el no haber escogido primero dar clases sobre el cálculo de variaciones, ya que poseo una buena copia [de sus clases] y usted tal vez podría haberme permitido basar mis clases en ellas. Lamentablemente sólo se me ocurrió pensar en esto después, y ya era demasiado tarde. Sin embargo, si usted se muestra insatisfecho con mi elección para mis primeras clases, acaso todavía podría refugiarme en este tema. Pero, por favor, sea tan amable, mi querido mejor amigo, y ayúdeme aconsejándome en mi angustia.

En otro asunto también necesito mucho su apoyo y ayuda. Quiero dedicarme a perfeccionar mi último estudio [durante 1883, Kovalevskaya trabajó intensamente en el tratamiento matemático de la difracción de la luz en un medio cristalino], y es muy necesario que aparezca este invierno en *Acta Mathematica*, y sin su ayuda no puedo dar este paso. ¿Sería tan amable de leer el pequeño resumen que se llevó y escribirme cómo debería comenzar mi trabajo? [Weierstrass se había llevado en sus vacaciones en el lago de Ginebra el resumen que le había dado Kovalevskaya. Prometió leerlo y darle su consejo, pero lo aplazó una y otra vez. En este trabajo, Kovalevskaya utilizaba un método para integrar ecuaciones lineales en derivadas parciales con coeficientes constantes que Weierstrass no había publicado.] Si lo ha perdido, le enviaré otro enseguida. Estoy ya tan acostumbrada a recurrir a usted en cualquier emergencia que recurro a usted de nuevo. Usted, mi maestro supremo, no dejará ahogarse a su pobre pequeña atrevida estudiante sin echarle una mano para salvarla.

Al día siguiente de mi llegada a Estocolmo todos los periódicos anunciaron este gran acontecimiento mundial. Mi propia llegada no tuvo lugar sin una aventura algo graciosa. El viaje desde San Petersburgo a Estocolmo me resultó bastante complicado, ya que aún no podía comprender una sola palabra de sueco. Para más mala suerte, el barco que me llevó a Estocolmo no tenía a bordo más que a un hombre que hablara alemán o cualquier otro idioma que no fuera sueco. Fue muy amable conmigo, y en mi apuro yo estuve contenta de beneficiarme de su compañía. Pero como yo ya sabía que varios periódicos, tanto rusos como suecos, habían escrito sobre mí, traté de comportarme de la manera más sencilla y modesta posible a fin de que él no supusiera por qué iba yo a Estocolmo, y así no llamar la atención general. Él pareció muy

interesado en saber por qué iba a Estocolmo tan sola y sin conocer el idioma. No sé exactamente lo que le dije, pero por lo visto imaginó que yo era una especie de pequeña gobernanta, sola y sin protección en el mundo, de camino a Estocolmo para emplearme allí con una familia.

Cuando nuestro barco zarpó, telegrafié a Mittag-Leffler, pero el viaje resultó tan excepcionalmente bien que llegamos dos o tres horas antes de lo previsto. Debido a esto, Mittag-Leffler no estaba en el puerto para recibirme. Bien, puede usted imaginar mi estado de desamparo, especialmente porque mis cartas a Mittag-Leffler siempre habían estado dirigidas a la Universidad y no conocía su dirección particular.

Naturalmente me alivié cuando el hombre que hablaba alemán se ofreció a acompañarme a un hotel que evidentemente conocía y como, dadas las circunstancias, no podía hacer otra cosa, acepté su propuesta, dándole las gracias. Supongo que de acuerdo con la idea que se había formado de mí, me llevó a un hotel *realmente* alejado, donde nadie podía entender una palabra extranjera y donde en absoluto existía servicio. Después de que hubo pasado el tiempo suficiente para que esta triste situación se me hiciese clara, quise encontrar de nuevo a ese hombre para pedirle que me llevase a otro sitio, pero cuando me acerqué a la habitación que él había tomado me di cuenta de que había varios hombres con él. De la habitación salían grandes voces y risas y no me atrevía a llamar a la puerta. De manera que no podía hacer otra cosa que volver de nuevo a mi habitación y pacientemente esperar hambrienta varias horas en el más triste Estado del mundo.

Sólo por la tarde Mittag-Leffler consiguió, con gran dificultad y pesquisas, averiguar lo que había sido de mí y entonces vino con toda su familia, esposa y hermana, en el más elegante carruaje para sacarme de allí. Pocas veces he visto nada tan peculiar como la sorpresa de los empleados del hotel, y del hombre que me había acompañado, cuando supieron que soy una señora tan distinguida. Porque debe usted saber que Estocolmo es la ciudad más divertida del mundo en la que inmediatamente se sabe todo de cualquiera, y todo pequeño incidente adquiere la proporción de un acontecimiento mundial.

Para darle una idea de lo que actualmente parece Estocolmo, le diré cómo anunció mi llegada al día siguiente un periódico democrático. Fue aproximadamente así: Ésta no es la visita de un insignificante príncipe o de alguna distinguida personalidad de la que hoy tenemos que informar a nuestros lectores. No, se trata de algo completamente e incomparablemente diferente. La princesa de la ciencia, Frau Sophie von Kowalevsky, ha honrado nuestra

ciudad con su visita y planes para enseñar en nuestra universidad.

¿Qué le parece? Mittag-Leffler ha reunido ya toda una colección de noticias sobre mí en los periódicos, pero ésta es de lejos la más agradable. Mi carta ya se ha hecho tan larga que me veo obligada a terminarla. Querría haberle contado la gran velada que Mittag-Leffler dio en mi honor, durante la cual fui presentada a la mayor parte de los notables de la universidad de aquí. El que más me gustó de todos fue Herr [Eric] Nordenskjöld [geólogo, sencillo, e incluso también un demócrata]. Él, y especialmente Frau [Teresa] Gyldén [esposa del astrónomo Hugo Gyldén], son personas muy amables. Durante la mayor parte del tiempo he estado muy ocupada aprendiendo el idioma sueco y en las últimas dos semanas he hecho progresos notables, aunque es ciertamente difícil, mucho más de lo que había pensado. No obstante, ya puedo comprender lo que leo y también un poco de lo que se habla alrededor mío. Naturalmente, todavía no puedo hablarlo. Mañana tengo que ir a una auténtica reunión sueca en la que se supone que ¡no se habla más que sueco! Será interesante ver cómo me manejo.

Le imploro, mi amigo más querido, que me escriba muy pronto. Aguardo las siguientes noticias directamente de usted con indescriptible anticipación, más aún porque, aunque aquí soy tan honrada, realmente me siento sola y extraña. Espero que la primavera llegue pronto de manera que pueda volver a verlo, fuerte y sano, en Berlín. Mis mejores y más cálidos saludos a sus queridas hermanas y, por favor, no me olvide.

Su más devota,

SONIA

Transcurridos los cinco años de su contrato, y ya respetada por la comunidad matemática internacional, la Høgskola la nombró catedrática. Su futuro estaba ya asegurado, no así su salud, física y mental, afectada por la muerte de su marido y de su querida hermana Aniuta. La primera mitad de 1890 la pasó en París, tratando de recuperarse (dejó a su hija con la familia Mittag-Leffler). Regresó a Estocolmo en el otoño y después se fue a Génova de vacaciones. Pero en el camino de vuelta a Suecia enfermó, parece que de gripe, lo que le provocó una infección pulmonar.

Falleció el 10 de febrero de 1891.

41
ADAMS, LEVERRIER Y EL DESCUBRIMIENTO DE NEPTUNO*

Si encontrar un nuevo elemento químico para la tabla periódica ha constituido un logro particularmente valorado, más aún lo ha sido —por el pequeño número de elementos que lo forman— descubrir un nuevo planeta del sistema solar. Durante milenios sólo se conocían los planetas observables a simple vista, a saber, Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno, a los que había que añadir, por supuesto, la Tierra y la Luna. En la cosmología geocéntrica que aparece en el *Almagesto* de Ptolomeo (siglo II), el universo se estructuraba como sigue: la Tierra en el centro, en torno a la cual orbitan la Luna, Mercurio, Venus, el Sol, Marte, Júpiter y Saturno, todos rodeados por la esfera de las estrellas (supuestamente) fijas. La palabra «planeta» procede de la voz griega para «errante» o «vagabundo», pues eran objetos que se movían entre las estrellas fijas siguiendo complicados movimientos. Los griegos del siglo VII a. C. no estaban seguros de cuántos «planetas» existían. Venus, «el lucero del alba» como también se le conoce, recibía dos nombres diferentes, ya que, inicialmente, se pensaba que eran dos planetas distintos: «Phosphoros», el «lucero del alba», que aparecía al amanecer, y «Hesperos», la «estrella vespertina» o «lucero de la tarde». Algunos creen que fue Pitágoras, en el siglo VI a. C., quien se dio cuenta de que se trataba del mismo objeto, mientras que otros adjudican este hecho a Parménides. En realidad, los nombres de los planetas del sistema solar proceden de la creencia de los

griegos de que eran divinos, seres vivos que se movían por decisión propia. Los nombres que han sobrevivido corresponden a los de los dioses romanos, pero el dios griego asociado a Mercurio (nombre griego: Stibon) era Hermes; el de Venus (Phosphoros) era Afrodita; el de Marte (Pyroëis), Ares; el de Júpiter (Phaëthon), Zeus, y el de Saturno (Phainon), Cronos.

La *Ilíada*, de Homero, junto a la *Odisea*, el texto literario griego más antiguo (probablemente fueron escritos en el siglo VIII a. C.), muestra el conocimiento que los griegos tenían de los cielos. En el canto XVIII, Hefesto, que está fabricando un escudo para Aquiles decorado con imágenes de los cielos y la Tierra, escribe:

> Tras decir así, allí la dejó y fue hacia los fuelles y a ésos los volvió hacia el fuego y les ordenó aplicarse a la labor. Y los fuelles, veinte en total, en los crisoles soplaban exhalando toda clase de incendiarios alientos: unas veces al servicio de aquel, apresurado, y otras, al contrario, tal como Hefesto quisiera y la labor demandara. En el fuego tiraba bronce inflexible y estaño y oro de mucho precio y plata, empero después puso en su base un gran yunque y tomó en su mano pujante martillo, y en la otra tomó las tenazas.
>
> Y muy primero de todo hacía un escudo grande y pesado, poniendo su arte en él por doquiera, y en redor, un cerco brillante de tres capas, esplendente, y desde él, plateada correa. Cinco eran de aquel escudo las planchas, y allí muchas labras hacía con sus avisadas entendederas.
>
> Allí la tierra fabricó, allí el cielo, allí el mar, el sol infatigable y la luna llena, y en él, las constelaciones todas de las que coronase el cielo. Pléyades, Híadas, el coraje de Orión y la Osa, a la que también Carreta de apodo la llaman, que en el lugar que ocupa da vueltas y a Orión acecha y es la única que parte no toma de los baños de Océano.

No es ésta la única parte en la que se puede rastrear este conocimiento. En el canto XXII, el veloz Aquiles es comparado con Sirio —o «el perro de Orión», del gigante Orión—, la estrella más brillante del cielo nocturno:

> El anciano Príamo fue el primero en verlo [a Aquiles] con sus ojos lanzado por la llanura resplandeciente como el astro que sale en otoño y cuyos deslumbrantes destellos resultan patentes entre las muchas estrellas en la oscuridad de la noche y al que denominan con el nombre de Perro de Orión. Es el más brillante, pero constituye un siniestro signo y trae muchas fiebres a los míseros mortales; así brillaba el bronce alrededor de su pecho al correr.

La última frase desvela que los griegos adjudicaban a las estrellas ciertas propiedades —en el caso de Sirio, «trae muchas fiebres a los míseros mortales»—, un tipo de asociación que se mantendría durante siglos.

Pero dejemos a Homero; en realidad, si he utilizado la *Ilíada* es para honrar la memoria de aquel bardo de cuya existencia real desconocemos todo, y recordar lo mucho que debemos a las culturas antiguas.

La invención del telescopio, que Galileo utilizó con prontitud, en 1609-1610, para observar los satélites de Júpiter, la superficie rugosa de la Luna y las innumerables estrellas que formaban la Vía Láctea, permitió profundizar en el conocimiento del cosmos y descubrir a partir de entonces cuerpos y fenómenos estelares nunca soñados. Un destacado observador del cielo fue William Herschel (1738-1822), el músico alemán que hizo de Inglaterra su hogar; allí se transmutó en excepcional constructor de telescopios reflectores y en astrónomo. Entre los muchos logros

astronómicos de este Herschel —digo «este» porque su hijo John Herschel (1792-1871) no le fue, ni mucho menos, a la zaga— se encuentra la ampliación de la lista que Charles Messier compiló en su *Catalogue des nébuleuses et amas d'étoiles* (1771), que incluía 103 «nebulosas» que se podían observar desde París; entre ellas, la número 31 sería conocida después como Andrómeda, la galaxia (espiral) más próxima a la Vía Láctea (también aparecía la nebulosa de Orión; de hecho, se la conoce como M42 porque es la número 42 del catálogo de Messier). Pese a la importancia de esas observaciones de Herschel, no pueden competir en cuanto a repercusión con lo que observó el 13 de marzo de 1781. Utilizando un telescopio reflector de 12 metros de largo y provisto de un espejo de 1,15 metros de diámetro, vio lo que describió como «una estrella curiosa o quizá un cometa», que las noches siguientes se movió despacio entre las estrellas; cuando se calculó su órbita resultó ser un nuevo planeta, el séptimo del sistema solar, al que se bautizó con el nombre de Urano.

Al observar con detenimiento los movimientos de Urano se encontró que no seguía la órbita que predecía la teoría newtoniana. En 1845, John Couch Adams (1819-1892), un joven inglés que había obtenido el primer lugar (*senior wrangler*) en el exigente examen del *Mathematical Tripos* de Cambridge, supuso que debería existir un planeta más allá de Urano, planeta que no había sido observado hasta entonces. Basándose en la ley de la gravitación universal de Newton y tras complicadas operaciones, calculó la masa que ese nuevo planeta debería tener y la trayectoria que tendría que seguir. Una vez hecho esto, Adams envió su predicción a la figura más

prominente de la astronomía inglesa, el astrónomo real sir George B. Airy, quien disponía de los instrumentos necesarios para comprobar la idea de su compatriota, pero Airy no le hizo demasiado caso. Perdieron una gran oportunidad, ya que, al otro lado del canal de La Mancha, otro astrónomo, el francés Urbain Jean Joseph Le Verrier (1811-1877), tuvo la misma idea que Adams. El 18 de septiembre de 1846, Le Verrier completó sus cálculos e inmediatamente escribió a Johann Galle, del Observatorio de Berlín, informándole de sus resultados y pidiéndole que buscase en una posición determinada el hipotético planeta. Al contrario que Airy, Galle se tomó en serio la idea y el 23 de septiembre encontró el planeta. Fue bautizado con el nombre de Neptuno, el dios romano del mar.



John Couch Adams, retrato atribuido a Maull & Polyblank (*c.* 1860). © *Mondadori Portfolio/Album*

En una carta que envió el 26 de noviembre de 1846 al profesor James Thomson, catedrático de Matemáticas en la Universidad de Glasgow (y padre del mucho más famoso William Thomson, futuro lord Kelvin of Largs), Adams ofrecía su visión de lo que sucedió:

Al considerar el asunto me pareció, de lejos, que la hipótesis más probable que se podría formar para explicar estas irregularidades era la de la existencia de un planeta exterior no descubierto, cuya acción sobre Urano producía las perturbaciones en cuestión. Ninguna de las otras hipótesis que se habían planteado parecían poseer la menor justificación para prestarles atención, ya que eran totalmente improbables en sí mismas e incapaces de ser comprobadas mediante algún cálculo exacto. Algunas incluso habían supuesto que, a la gran distancia de Urano del Sol, la ley de la atracción llegaba a ser diferente de la del inverso del cuadrado de la distancia, pero la ley de la gravitación estaba demasiado firmemente establecida como para admitir esto antes de que cualquier otra hipótesis hubiese fracasado en la explicación de las irregularidades observadas, y yo estaba convencido de que en esto, al igual que en anteriores situaciones de este tipo, las discrepancias que en alguna ocasión habían suscitado dudas sobre la corrección de la ley eventualmente habían conducido a su más firme confirmación. En contraste con todas estas vagas hipótesis, la suposición de que las irregularidades se debían a la acción de un planeta desconocido parecía estar completamente de acuerdo con el actual estado de nuestro conocimiento, podía comprobarse mediante cálculos y probablemente podía conducir a importantes resultados prácticos; esto es, a la determinación aproximada de la posición del cuerpo perturbador.

[…]

En consecuencia, en 1843 comencé mis cálculos y en el curso de aquel año llegué a una primera solución del problema que, aunque incompleta en sí misma, me convenció completamente de que la hipótesis que había formado era bastante adecuada para explicar las irregularidades observadas, y que la posición del cuerpo perturbador podía determinarse con mucha aproximación mediante una investigación más completa. Habiendo recibido del astrónomo real [George Biddell Airy] en febrero de 1844 todas las observaciones de Urano realizadas en Greenwich ataqué el problema de nuevo, y de una manera más completa que antes, y después de obtener varias soluciones que diferían poco entre ellas, y tomando en cuenta gradualmente más y más términos de la serie que expresaba las perturbaciones, en septiembre de 1845 comuniqué mis resultados finales al profesor [James] Challis

[*Plumian profesor* de Astronomía y Filosofía Experimental y director del Observatorio de la Universidad de Cambridge], y lo mismo, ligeramente corregido, el mes siguiente al astrónomo real. El que las varias soluciones que había obtenido estuviesen casi de acuerdo me dio mucha confianza en mis resultados, que incluían la determinación de la masa, posición y elementos de la órbita del supuesto planeta.

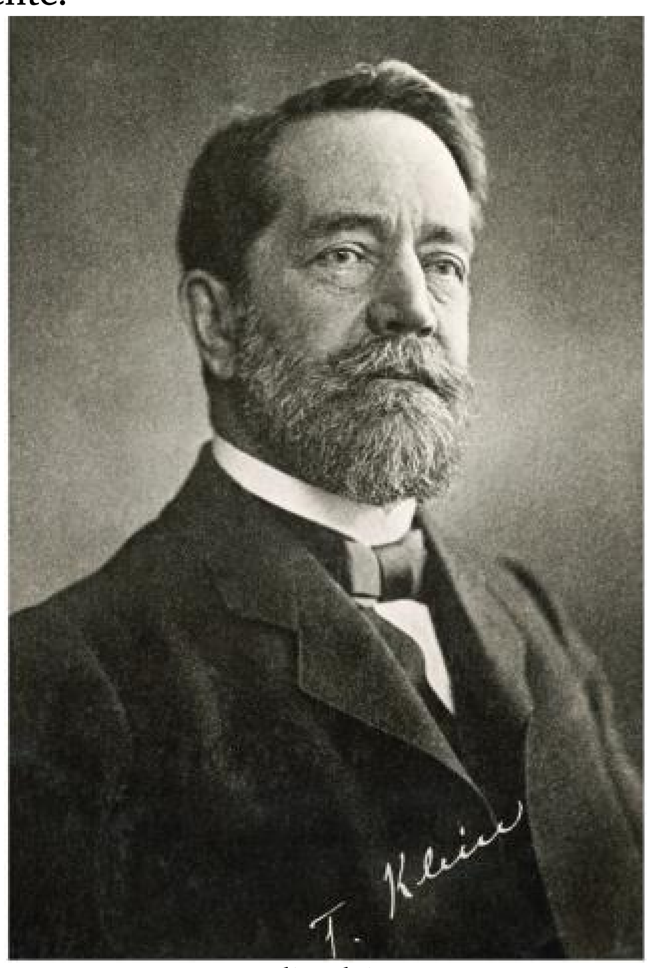
HENRI POINCARÉ Y FELIX KLEIN: UNA POLÉMICA MATEMÁTICA SOBRE NOMBRES*

Jules Henri Poincaré (1854-1912) y Felix Christian Klein (1849-1925) pertenecieron al selecto grupo de los matemáticos más importantes de la segunda mitad del siglo XIX y comienzos del XX. Se ha dicho que el siglo XIX se inició bajo la sombra de un gigante, Carl Friedrich Gauss, y finalizó con el dominio de un genio de magnitud similar, Poincaré. Jean Dieudonné, él mismo un matemático notable, manifestó:

> Ambos eran matemáticos universales en el sentido supremo, y ambos realizaron contribuciones importantes a la astronomía y física matemática. Si los descubrimientos de Poincaré en la teoría de números no son iguales a los de Gauss, sus logros en la teoría de funciones son al menos del mismo nivel, incluso cuando uno tiene en cuenta la teoría de las funciones elípticas y modulares, que deben ser acreditadas a Gauss y que representan su descubrimiento más importante en ese campo, aunque no lo publicó en vida. Si Gauss fue el iniciador de la teoría de las variedades diferenciables, Poincaré desempeñó el mismo papel en la topología algebraica. Finalmente, Poincaré es la figura más importante en la teoría de las ecuaciones diferenciales y es el matemático que, después de Newton, efectuó el trabajo más destacado en mecánica celeste.

Aunque no tan numerosas y variadas como las de Poincaré, las contribuciones de Felix Klein fueron importantes. Entre ellas figuran las que produjo en colaboración con el noruego Sophus Lie (1842-1899), con quien se encontró por primera vez en octubre de 1869 durante una reunión de la Asociación Matemática de Berlín. Aunque al parecer el encuentro fue fortuito, el 30 de octubre de 1869 Alfred Clebsch respondía desde Gotinga a una carta de Lie (conservada en la Biblioteca de la Universidad de Oslo) en la que le aconsejaba que se pusiera en contacto con Klein: «Ante todo, le recomiendo que

vaya a visitar al Dr. Klein, que se encuentra actualmente en Berlín (Carstrasse 11), y le presente mis mejores saludos. Encontrará en él a un hombre diligente y afable [...]. Se entenderá con él inmediatamente». Clebsch no se equivocaba. Un día después, Klein escribía a su madre y le informaba de lo siguiente:



Felix Klein.
© *Akg-images/Album*

> Entre los jóvenes matemáticos que he conocido, uno me impresiona fuertemente. Se trata de Lie, un noruego, cuyo nombre ya conocía de un artículo que publicó en Christiania [hoy Oslo]. En particular, ambos nos hemos ocupado de las mismas cosas, de manera que no faltan temas de los que hablar. Pero no nos une únicamente el mismo amor, también nuestra crítica de la

forma en que algunos matemáticos de aquí expresan su importancia a costa del trabajo realizado por otros, especialmente por extranjeros.



Henri Poincaré.

Aunque menos conocido que otros grandes matemáticos del siglo XIX, Sophus Lie forma parte de ese exclusivo grupo gracias a sus trabajos sobre la teoría de transformaciones de grupos continuos, que introdujo en varias ramas de la matemática, como la geometría o las ecuaciones diferenciales. Conceptos como «grupos de Lie» o «álgebras de Lie» son desde hace tiempo instrumentos tan familiares como esenciales para el trabajo de matemáticos y físicos

teóricos.

La relación que mantuvo con Lie fue muy relevante para Klein. De hecho, uno de sus resultados más importantes, el que presentó en la conferencia inaugural que pronunció al tomar posesión en 1872 de una cátedra en la Universidad de Erlangen (de ahí que ese trabajo sea denominado «programa de Erlangen»), encaja a la perfección con el enfoque de transformaciones del matemático noruego. Básicamente, la tesis de ese programa es que existen tantas geometrías como grupos de trasformación; que una geometría se caracteriza por sus invariantes. (Ésta es una perspectiva que le permitió argumentar más tarde que la teoría de la relatividad especial no era sino una geometría lorentziana, y que la teoría general de la relatividad era la geometría del grupo de transformaciones generales.)

El propio Klein recordó algunos aspectos de las circunstancias en que elaboró las ideas y el texto del programa de Erlangen en el primer tomo de sus obras completas:

> Compuse el programa de Erlangen en octubre de 1872. Dos circunstancias son relevantes. La primera, que Lie me visitó durante dos meses, a partir del 1 de septiembre. Tuve con Lie, que me acompañó a Erlangen el 1 de octubre, discusiones diarias sobre su nueva teoría de las ecuaciones en derivadas parciales de primer orden (editadas por mí y publicadas en el *Gött. Nachr*. del 30 de octubre). La segunda, que Lie participó enérgicamente en mi idea de clasificar los diferentes enfoques de la geometría en una base teórica de grupos.

Klein versus Poincaré

En 1875, Klein abandonó Erlangen por una cátedra en la Escuela Técnica de Múnich, donde pasó cinco años. En 1880 pasó a desempeñar una nueva cátedra, esta vez en Leipzig, que dejó en 1886 por otra en Gotinga, entonces el centro matemático más importante del

mundo. Sus años en Múnich y los primeros de Leipzig fueron los mejores de su actividad matemática. Además de continuar trabajando en geometría, se dedicó con intensidad a la teoría de funciones de variable compleja y desarrolló la teoría de un tipo especial de funciones, denominadas automorfas. En este campo se encontró con un joven matemático francés, Henri Poincaré, quien se había introducido en estos problemas estudiando algunos trabajos de Lazarus Fuchs en ecuaciones diferenciales. Poincaré se había ocupado de casos particulares de las funciones automorfas, pero las generalizaciones que introdujo revelaron la existencia de funciones hasta entonces desconocidas. Un ejemplo son las zeta-fuchsianas, que, además, podían ser utilizadas, como demostró él mismo, para resolver las ecuaciones diferenciales lineales de segundo orden con coeficientes algebraicos.

La primera publicación de Poincaré en este campo fue un artículo que envió a las *Comptes rendus* de la Academia de Ciencias francesa el 15 de febrero de 1881. Escribía:

> En el trabajo que tengo el honor de presentar a la Academia, me propongo investigar si existen funciones analíticas análogas a las funciones elípticas que permiten integrar varias ecuaciones diferenciales lineales con coeficientes constantes. He llegado a demostrar que existe una clase muy amplia de funciones que satisfacen estas condiciones, y a las que he dado el nombre de *funciones fuchsianas*, en honor a M. Fuchs, cuyos trabajos me han sido muy útiles en estas investigaciones.

El 12 de junio de 1881, Klein se enteró de los trabajos de Poincaré y le escribió informándole de los suyos. Poincaré incluyó en su siguiente trabajo un comentario sobre aquella carta, pero señaló que había añadido una condición que Klein no había enunciado, «pero que sin duda no se le había escapado», que era

plantearse —ya lo había logrado en aquella publicación— generalizar los resultados del alemán. En reconocimiento a la contribución de éste, llamó a un tipo de las funciones que utilizaba «funciones kleinianas, puesto que es M. Klein quien las introdujo». Y fue más allá: tituló su siguiente artículo «Sobre los grupos kleinianos». «Un comentario de M. Klein —escribió allí— que he citado en mi última nota me ha llevado a investigar todos los grupos discontinuos formados por las sustituciones de la forma $(t, [\alpha t+\beta]/[\gamma t+\delta])$ (sin condición relativa a un círculo fundamental), grupos que propongo denominar *kleinianos*.»

Polémica sobre nombres

Aunque reconoció el valor de las investigaciones de Poincaré, y se esforzó por superarlo, Klein no aceptó la terminología introducida por el matemático galo. Añadió en este sentido una nota al final del artículo de Poincaré («Sur les fonctions uniformes qui se reproduisent par des substitutions linéaires»), cuya publicación él mismo gestionó en *Mathematische Annalen*, donde rechazaba que Fuchs mereciera semejante honor y afirmaba que éste no había publicado nada en ese tema. Cuando Fuchs se enteró, escribió indignado a Poincaré el 4 de marzo (1882), informándole que había preparado una nota (que publicó en *Nachrichten*) para responder a Klein:

> En su nota, Klein ha osado hacer una manifestación que repugna a la verdad. Dice que no he publicado en ningún lugar una memoria sobre las funciones que se reproducen por transformaciones lineales. Es porque creo un deber a la dignidad de la ciencia, y también a usted, señor, que debo testimoniar públicamente que la afirmación del Sr. Klein no es cierta.

El 3 de agosto, Gösta Mittag-Leffler, quien apareció en tres capítulos anteriores, se unía a la

polémica. En una carta dirigida a otro de los grandes de la matemática de entonces, Charles Hermite, manifestaba:

> Weierstrass encuentra que Poincaré tiene toda la razón. Lo único que no parece aprobar es el nombre de «funciones kleinianas» [...]. Poincaré lo había introducido debido a una carta de Klein donde éste le comunicaba ciertas cosas. Pero éstas no eran de Klein. Eran de Schottky, lo que Klein olvidó mencionar. Sé de esta historia por el mismo Klein.

Poincaré contestó a la nota de Klein en una carta que publicó también en *Mathematische Annalen*, explicando sus razones para hablar de «funciones fuchsianas», en honor de Fuchs, y «kleinianas», por Klein, y no honrar en forma parecida las contribuciones anteriores de Hermann Schwarz y Friedrich Schottky, respectivamente.

Gösta Mittag-Leffler, Poincaré y la creación de *Acta Mathematica*

Inmersos todavía en aquella polémica, el 29 de marzo de 1882 Mittag-Leffler escribió una larga carta a Poincaré, en la que tocaba varios puntos, uno de ellos la aparición de una nueva revista matemática:

> Mi querido amigo:
>
> Tengo que agradecerle sus dos cartas y el envío de su memoria en los *Mathematische Annalen*. La he ojeado sin tener tiempo, sin embargo, de estudiarla a fondo. No tengo necesidad de decirle que tengo la más alta admiración por su genio y la belleza de los resultados que ha obtenido. No creo que me equivoque si le aseguro que sus descubrimientos podrán compararse a los de Abel y que sus funciones son las más importantes que se han encontrado desde las funciones elípticas. Ciertamente, el señor Klein tiene razón en que ha hecho mal en llamar a sus funciones «funciones fuchsianas» o «kleinianas». Deben llevar el nombre de funciones de Poincaré. Éste es el único nombre que es justo y razonable. Si alguna vez trabajo en este campo fértil que usted ha abierto al análisis, me ocuparé de introducir este nombre en lugar de los que usted ha empleado. Me excuso por adelantado, pero no podría hacer otra cosa. ¿Podría ser tan amable de decirme dónde encontraré las publicaciones de Fuchs y Klein que le han llevado a llamar a sus funciones por el nombre de ellos? Dígame también,

se lo ruego, dónde ha publicado el Sr. Fuchs su último artículo contra el Sr. Klein. Fuchs me envía en general todo lo que escribe, pero no he recibido nada sobre este tema.

Y ahora tengo una propuesta que hacerle y un ruego que dirigirle. Nosotros, los matemáticos en los países escandinavos, tenemos el proyecto de publicar una nueva revista matemática siguiendo el modelo del *Journal de Crelle*. Me han pedido que sea el editor principal. Los otros editores serán Malmsten y Gyldén en Suecia, Broch, Bjerknes, Lie y Sylow en Noruega, Lorenz y Zeuthen en Dinamarca y Lindelöf en Finlandia. La revista se publicará en francés y alemán, pero sobre todo en francés. Le ruego que mantenga esta confianza estrictamente para usted todavía durante un tiempo. Usted sabe que ha sido Abel, un noruego, quien más hizo por el éxito del *Journal de Crelle*. Ahora el Sr. Gyldén y yo hemos pensado que usted, un francés, podría acaso ser tan generoso como para querer hacer que nuestra revista tenga éxito. ¿Querría usted darnos su memoria «Sur les groupes fuchsiens» para publicarla como la primera memoria de nuestra revista? Se publicaría enseguida y usted recibiría las separatas que quisiera y tan pronto como sea posible. El primer número de la revista aparecerá a comienzos del año 1883, pero usted podría distribuir sus separatas cuando desee. ¿Podría darnos también las cuatro memorias siguientes? Sé perfectamente que mi propuesta es muy pretenciosa, pero piense que los países escandinavos y sobre todo los suecos son los amigos más cálidos de Francia y de Alemania. No dudo que en Francia el Sr. Hermite, en primer lugar, y después los Sres. Picard y Appell serán colaboradores nuestros. En Alemania, en Italia y en Rusia los mejores autores nos enviarán artículos. Será también un acuerdo entre los editores escandinavos publicar siempre sus mejores cosas en la revista.

Le ruego que no diga nada a nadie sobre nuestro proyecto porque su realización depende de usted. Si lo rechaza, soy de la opinión de que debemos esperar todavía dos o tres años. Es incontestable que nuestra revista hará competencia al *Journal de Weierstrass et Kronecker*, y esto es algo que no me gustaría mientras Weierstrass esté encabezando la revista. Sólo me podría decidir la ventaja enorme de poder publicar sus descubrimientos.

Poincaré aceptó y fue un artículo suyo (de 62 páginas), «Théorie des groupes fuchsiens», el que abrió el primer número de la nueva revista, *Acta Mathematica*. Finalmente apareció en 1882, el mismo año de la carta de Mittag-Leffler a Poincaré, y todavía

continúa publicándose.

El final de la creatividad matemática de Klein

La última palabra de aquella polémica terminológica la tuvo Klein (Poincaré había fallecido ya), que volvió a esta cuestión en la sección dedicada a las funciones automorfas de su libro de 1926, *Vorlesungen über die Entwicklung der Mathematik im 19. Jahrhundert* (*Lecciones sobre el desarrollo de la matemática en el siglo XIX*). Allí escribió:

> Cuando Poincaré comenzó, su conocimiento de los trabajos alemanes era muy defectuoso, y denominó a los grupos con círculos-límites «grupos fuchsianos», un nombre inmerecido. Cuando le informé acerca de las funciones generales, las llamó «funciones kleinianas». Entonces surgió una gran confusión histórica. Finalmente se aceptó mi propuesta en Alemania de omitir todas las referencias personales e introducir el término «funciones automorfas».

Pero la rivalidad científica que mantuvo con Poincaré, el deseo de llegar a resultados antes que éste, terminó siendo fatal para Klein. En *Vorlesungen über die Entwicklung der Mathematik im 19. Jahrhundert* reconoció este hecho:

> El precio que tuve que pagar por mi trabajo fue por lo demás extraordinariamente alto, a saber, mi salud se derrumbó completamente. El año siguiente tuve que tomar repetidamente vacaciones y renunciar a todo trabajo productivo. Hasta el otoño de 1884 no pude seguir adelante, pero nunca más he vuelto a alcanzar el mismo grado de productividad. Más bien me he dedicado a elaborar mis ideas anteriores y luego, ya en Gotinga, a ampliar mi área de trabajo y dedicarme a tareas generales de organización de nuestra ciencia. Así se entiende que en adelante sólo haya tocado las funciones automorfas de forma esporádica. Mi actividad propiamente productiva en el ámbito de la matemática teórica se derrumbó en 1882.

Y añadía: «Así, Poincaré encontró campo libre y hasta 1884 continuó publicando en *Acta Mathematica* sus cinco grandes artículos sobre las nuevas funciones».

43
GEORG CANTOR, EL DOMADOR DEL INFINITO*

Aunque es una caracterización no completamente correcta (pensemos, por ejemplo, en la *topología*, que se ocupa del estudio de las propiedades de los objetos geométricos que se mantienen cuando los objetos en cuestión son deformados de manera continua, esto es, sin romperlos), la matemática tiene mucho que ver con la cuantificación. Ahora bien, en principio parece que sólo se puede cuantificar aquello que es finito, no lo infinito. Sin embargo, esta idea es errónea, aunque a los matemáticos les llevó mucho tiempo comprender bien el sentido de tal error, lo que no quiere decir que la noción de «infinito» no figurase entre sus constructos, dotado además de su propio símbolo, ∞. En una discusión completa no debería olvidarse a Bernard Bolzano (1781-1848), autor de un tratado sobre *Paradoxien des Unendlichen* (*Paradojas del infinito*), publicado póstumamente en 1851. Sin embargo, quien se dio cuenta de que hay muchos infinitos fue Georg Cantor (1845-1918), un natural de San Petersburgo que vivió la mayor parte de su vida (desde los once años) en Alemania. A fines del siglo XIX, se fijó en que hay muchos infinitos, sentando así las bases de la *teoría de conjuntos* y de los *números transfinitos*, que enriquecieron extraordinariamente la matemática. (La presentación más completa de sus ideas apareció en la monografía *Grundlagen einer allgemeinen Mannichfaltigkeitslehere. Ein Mathematish-Philosophischer Versug* [*Fundamentos para una teoría general de conjuntos. Una investigación matemático-filosófica sobre la teoría del infinito*, Leipzig, 1883]). En

su prólogo a las obras completas de Cantor, Ernst Zermelo escribió:



Georg Cantor.
© *Mondadori Portfolio/Album*

> En la historia de la ciencia es ciertamente un caso raro el que todo el trabajo creativo de una disciplina de significación fundamental haya que agradecérselo a una sola persona. Este caso se ha dado con Georg Cantor, por la creación de una nueva disciplina matemática, la teoría de conjuntos, desarrollada en sus fundamentos por un mismo investigador en una serie de trabajos durante un período de veinticinco años, y desde entonces ha pasado a ser patrimonio permanente de la ciencia, de manera que

> todas las investigaciones posteriores en este campo tan sólo se consideran como comentarios añadidos a sus ideas fundamentales.

La idea que subyace en esa nueva matemática es la de contar los elementos de dos conjuntos poniéndolos en correspondencia, uno a uno, sin repetición ni omisión. De esta manera, es sencillo demostrar que hay la misma cantidad de números naturales (1, 2, 3, 4…) que de números pares o impares. Asimismo, todo segmento de una recta contiene el mismo número (infinito) de puntos; también —fue el primer descubrimiento revolucionario de Cantor— que hay tantos puntos en un plano como en una recta. Ocurre, sin embargo, que estos últimos infinitos no son de la misma naturaleza que el infinito de los números enteros (…, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3…): es el infinito de los números irracionales (aquéllos que no se pueden expresar como cociente de dos enteros). Nos vemos conducidos así a hablar de «números cardinales», el número de elementos que tiene un conjunto. Para conjuntos finitos, su número cardinal (o «potencia») es el número usual de sus elementos, mientras que para conjuntos infinitos es preciso introducir nuevos términos; Cantor utilizó la primera letra del alfabeto hebreo, ℵ (aleph), seguida del subíndice cero, para denotar el número cardinal del conjunto de los naturales. Este número tiene propiedades que, desde la lógica habitual, aristotélica, parecen paradójicas, como, por ejemplo:

$$\aleph_0 + 1 = \aleph_0,\ \aleph_0 + \aleph_0 = \aleph_0,\ 2\,\aleph_0 = \aleph_0$$

A cualquier conjunto cuyos elementos se pueden

poner en correspondencia uno-a-uno con el conjunto de los naturales, Cantor lo denominó «numerable». Los conjuntos de los números pares y de los impares son numerables, pero es posible demostrar que también lo es el conjunto de los enteros. Lo mismo sucede con los racionales; un número racional *p/q* se define mediante una pareja (*p*, *q*) de enteros; por tanto, la cantidad de racionales será $_0\aleph$

2, pero esto es igual, recordemos, a $_0\aleph$. Sin embargo, no ocurre otro tanto con los números reales (que podemos considerar como números decimales con una cantidad ilimitada de cifras decimales). La demostración de que hay más números reales que enteros o naturales no es inmediata, pero Cantor logró probarlo, y asignó a ese nuevo número cardinal la letra *c*. Se trataba, como es obvio, de un mundo completamente nuevo. Un mundo sorprendente para las categorías habituales dentro de la lógica tradicional de lo finito, un mundo que condujo al descubrimiento de nuevos y fecundos continentes matemáticos, como el de la «teoría de conjuntos», que caló muy hondo en el cuerpo de la matemática del siglo XX. En un artículo titulado «Los grados de lo infinito», que publicó la *Revista de Occidente* en 1931, Hermann Weyl escribió: «El método de la teoría de conjuntos se ha apoderado no sólo del análisis, sino también de la aritmética, incluso de los primeros comienzos de la matemática, de la teoría de los números naturales, empeñándose en reducirlos a conceptos lógicos generales como “hay”, “todo”, “ordenación”».

Dios y el infinito matemático

Cuando una nueva teoría científica surge, especialmente si es tan novedosa como una que trata del infinito matemático, puede suceder que termine por transcender, o, al menos, por *intentar transcender*, el ámbito científico en la que apareció. Así ocurrió con la idea de infinito que propuso y desarrolló Cantor, quien terminó relacionando el «infinito» con la idea de Dios. Estaba convencido de que la teoría de conjuntos podría ayudar a que la Iglesia católica no malinterpretase la naturaleza del infinito, motivo que lo llevó a mantener una amplia correspondencia con teólogos católicos; incluso envió una carta y parte de su trabajo al papa León XIII. Este tipo de reflexiones aparecen en algunos de sus escritos, al igual que en su correspondencia. Un ejemplo es la carta que Cantor envió al neurólogo Albert Eulemburg el 28 de febrero de 1886, y que reprodujo en la primera de las dos entregas («Mitteilungen zur Lehre vom transfiniten» [«Notas a la teoría de los transfinitos»]) de un ensayo («Über die verschiedenen Standpunkte in bezug auf das aktuelle Unendliche») que publicó en *Zeitschrift für Philosophie und philosophische Kritik* en 1887 y 1888; además de la carta a Eulemburg, contenía otras que había «tenido la suerte de mantener con varios sabios que han dedicado un amable interés a mis trabajos»:

> Lo *transfinito*, con su abundancia de formas y estructuras, apunta necesariamente hacia un absoluto, hacia el «verdadero infinito», en cuya magnitud no puede darse ninguna clase de incremento o merma y que, por ello, ha de ser visto cuantitativamente como máximo *absoluto*. Este último en cierto modo excede la capacidad de entendimiento humana, y en particular se sustrae a la determinación matemática; por el contrario, el *transfinito* no sólo corresponde al amplio dominio de lo posible en el conocimiento de Dios, sino que también ofrece un campo de ideales de investigación rico y siempre creciente, y también, hasta cierto

grado y en diferentes aspectos, logra, según mi convicción, realidad y existencia en el mundo de lo creado para expresar la gloria del creador, de acuerdo con su decisión absolutamente libre, más poderosamente de lo que habría podido realizarse mediante un simple «mundo finito». Pero esto tendrá que esperar aún mucho tiempo para un reconocimiento general, sobre todo entre los teólogos, por muy valioso que este conocimiento pudiera revelarse como medio para la promoción de la causa defendida por ellos (la religión).

Kronecker contra Cantor

Uno de los propósitos que Cantor tenía en mente cuando escribió el mencionado *Grundlagen einer allgemeinen Mannichfaltigkeitslehere* de 1883 era mostrar su oposición al «finitismo» —un precursor del «intuicionismo»— que defendía el influyente Leopold Kronecker (1823-1891). Kronecker era miembro de la Academia Prusiana de Ciencias de Berlín desde 1861 y catedrático a partir de 1883 en la Universidad de Berlín (sólo entonces aceptó una cátedra, tras haberle ofrecido varias con anterioridad; Cantor se tuvo que limitar durante toda su vida a ocupar una cátedra en la Universidad de Halle, muy inferior a la de Berlín). Sostenía que los matemáticos no debían admitir nada más que números enteros y combinaciones aritméticas de ellos, lo que significaba que cualquier concepto, teoría o demostración que necesitara de un número infinito de elementos era inadmisible (existían algunas excepciones: los números racionales sí tenían realidad, pero los irracionales debían considerarse sólo en un sentido puramente formal como símbolos introducidos en cálculos). Es famosa una frase que se le adjudica: «*Die ganzen Zahlen hat der liebe Gott gemacht, alles andere ist Menschenwerk*« («Dios creó los enteros, todo lo demás es obra del hombre»). Por el contrario,

Cantor sostenía que los números transfinitos son verdaderos números.



Leopold Kronecker.

De la correspondencia que mantuvieron Cantor y Kronecker he seleccionado dos cartas. La primera, muy cordial, de Kronecker, llevaba fecha del 21 de agosto de 1884 y procedía de Kammer am Attersee (Austria):

Estimado Sr. colega:

Acabo de recibir su querida carta del 18, reenviada aquí, y me apresuro a confirmar su recepción con agradecimiento. Pienso encontrarme de vuelta en Berlín a finales de septiembre, pues esta vez he comenzado mi viaje de reposo nada más acabar las lecciones, el 5 del presente. De modo que en octubre me encontrará Vd. en casa, y me alegraré si, de acuerdo con la indicación de su carta, me visita entonces en Berlín y sostiene una conversación científica conmigo, tal como ha sucedido ya con frecuencia en el pasado.

Dice Vd. en su carta que, «a consecuencia de cierta acritud en la valoración de sus trabajos, se ha visto Vd. envuelto en un antagonismo conmigo, del que anhela Vd. con la mayor intensidad verse libre». Naturalmente me agrada mucho esto último, pero debo confesarle francamente que no conocía en absoluto lo primero. Me acuerdo bien de que hace unos años, antes de que W[angerin] ocupase la cátedra allí [Friedrich Heinrich Alfred Wangerin tomó posesión de una cátedra en Halle en 1882], tuve ocasión de quejarme de las declaraciones que hacía Vd. respecto a mí en una carta dirigida a K [Ernst Kummer] y [Karl] Weierstrass, y ello lo hice abierta y directamente en una carta dirigida a Vd. Mas desde entonces no ha faltado ocasión de que volviéramos a encontrarnos en persona —por ejemplo, antes de que transcurriera un año, en Halle—, y a juzgar por nuestro encuentro de entonces me pareció que había desaparecido cualquier resto de amargura. ¡Recordará Vd. muy bien la no despreciable parte que tuve en su desarrollo durante la época de estudiante, y también más tarde en el feliz desarrollo de su carrera académica! Es por esto por lo que no puedo sino sentirme sorprendido al encontrar de repente que estaba Vd. lleno de recelo hacia mí. Pero para *mí*, una vez que me enfrenté con Vd., libremente por escrito, la cuestión había acabado.

¡Cosa bien distinta es nuestra divergencia en algunas cuestiones científicas! Mas no veo razón alguna por la que nuestras relaciones personales deban verse perturbadas en ningún modo por esas divergencias. Cuando hace poco hablé con la Sra. Kowalewski [Sofía Kovalévskaya] de estas cosas, ella opinó con mucha razón que era como si se hablara de religión. Los asuntos en los que ambos tenemos puntos de vista diferentes quedan casi igual de lejanos con respecto a la matemática concreta (*sit venia verbo*) como a la religión, y si nosotros tres: K[ummer], Weierstrass y yo, representamos desde hace casi treinta años un modelo de unidad pacífica y podemos alegrarnos de una obra común feliz y rica en éxitos, casi nunca perturbada, con ello se demuestra que la pertenencia a tres confesiones distintas no

constituye ningún obstáculo a la más íntima unión personal y científica. Tampoco la divergencia en algunos planteamientos científicos ha causado nunca la menor ruptura en nuestras relaciones. ¿Por qué entonces se deja Vd., mi querido colega, conducir a un antagonismo conmigo por tales divergencias?

Dado que Vd. escuchó hace más de veinte años mis lecciones y que también, después, permaneciendo en relaciones casi ininterrumpidas conmigo ha escuchado a menudo mis opiniones, conoce Vd. mejor de lo que podría ahora expresar que, tras haber profundizado en estudios filosóficos muy pronto siguiendo a K. [Kronecker], reconocí luego, al igual que él mismo, la incertidumbre de todas esas especulaciones y me refugié en el puerto seguro de la verdadera matemática. Qué podría haber más natural que el que me haya esforzado por establecer los fenómenos o las verdades de esta matemática lo más libre posible de aquellos conceptos filosóficos. Por eso he partido de la idea de reducir todo lo que hay en la matemática *pura* a la teoría de los números enteros, y *creo* que esto se logrará plenamente. Mas de momento esto es sólo mi *creencia*. Mas donde se ha logrado efectivamente, veo allí un verdadero avance, a pesar de que —o quizá porque— es un paso atrás hacia lo simple, pero más aún porque ello demuestra que los nuevos conceptos [*Begriffsbildungen*] cuando menos no son *necesarios*. Pronto haré que se conozca a través de la imprenta lo esencial de mis opiniones, y formularé entonces mis objeciones contra aquella deducción de [Otto] Stolz, que Vd. conoce por comunicaciones mías en conversación. ¡Entonces podremos aclarar estas cosas *publice sine ira et studio*! Pero ¿por qué debería tal aclaración perjudicar nuestras relaciones personales? Si sólo expreso esas objeciones en ocasiones se debe a que no les doy más que un valor muy secundario. Sólo reconozco un auténtico valor científico —en el campo de la *matemática*— a las verdades matemáticas concretas, o por decirlo con más agudeza, «sólo a las fórmulas matemáticas». Sólo ellas son lo imperecedero, como lo muestra la historia de la matemática. ¡Las distintas teorías sobre los fundamentos de la matemática (como la de Lagrange) han desaparecido del mundo, pero la resolvente de Lagrange permanece!

Con los mejores deseos, también de mi mujer, a Vd. y los suyos, así como a Heine, de su viejo amigo.

KRONECKER

El 24 de agosto, Cantor respondió desde Friedrichroda, haciendo hincapié en detalles técnicos,

convencido de que cualquier polémica debía basarse en ellos:

¡Estimadísimo señor profesor!

Su benévola carta del 21, por la que le doy repetidas gracias, me ha llenado de felicidad, ya que entiendo por ella que responde Vd. de la manera más amigable a los deseos que yo expresé en mi escrito del 18.

Me alegra conocer que este otoño planea Vd. volver a Berlín a finales de septiembre, y espero encontrar así ocasión de discutir con Vd. éstos y otros asuntos científicos, igual que tuve la suerte de hacer tan a menudo en años pasados y que tanto me ayudó.

Me alegra saber que tiene Vd. intención de hacer público lo más esencial de sus opiniones sobre cuestiones polémicas [del análisis].

Soy de la opinión de que la mayor parte de lo que me ha ocupado científicamente en los últimos años, y que reúno bajo la denominación de teoría de conjuntos, no está tan alejado de los requisitos que Vd. impone a la matemática «concreta» como parece Vd. creer. Habrá que culpar a una exposición no demasiado clara el que Vd. no haya advertido lo concreto del aspecto matemático de mis investigaciones tanto como lo demás, a saber, el contenido filosófico.

Son problemas concretos y, según creo, verdaderamente matemáticos los que me han surgido con los denominados conjuntos de puntos, problemas que en parte he resuelto, pero que en su mayoría todavía me ocupan. Están íntimamente ligados a la teoría de funciones y también, creo, a la teoría de números. Aquello en lo que más me agradaría lograr un entendimiento con Vd. es en lo que he denominado como números transfinitos de la segunda clase numérica.

Se trata de conceptos, respectivamente signos o caracteres, que me resultan *imprescindibles* para la *característica* de los conjuntos de puntos. Mi opinión de que dichos conceptos han de concebirse como *números* se funda en la determinación concreta de sus relaciones recíprocas, y en que pueden ser concebidos bajo un mismo punto de vista que los números finitos habituales. Dispongo desde hace ya largo tiempo de una fundamentación de estos números que es algo diferente de la que he dado por escrito en mis trabajos, y que sin duda será más del agrado de Vd.

Parto del concepto de un «conjunto bien ordenado», y llamo conjuntos bien ordenados del *mismo tipo* (o mismo ordinal [*Anzahl*]) a aquéllos que es posible correlacionar entre sí unívoca

y recíprocamente, *respetando la jerarquía de rango por ambas partes*; y ahora entiendo por número el signo o el concepto para un *tipo concreto* de conjunto bien ordenado. Si nos limitamos a los conjuntos *finitos*, obtenemos de esta manera los números enteros finitos. Mas si pasamos a tener en cuenta la totalidad de los tipos de conjuntos bien ordenados de la *primera* potencia, nos vemos conducidos necesariamente a los números transfinitos de la segunda clase numérica, y por su mediación a la *segunda* potencia. Sería muy de mi agrado poder exponerle todo esto en detalle, ya que estoy convencido de que en tal caso no se le escaparía a Vd. el aspecto matemático concreto del asunto. Esto me parece tanto más de desear cuanto que en aquel campo permanecen sin resolver un gran número de cuestiones, para cuya solución se requeriría en mi opinión de su superioridad matemática.

Concluyo por hoy repitiéndole mi agradecimiento sincero.

G. CANTOR

El 26 de agosto, Cantor envió «confidencialmente» a Gösta Mittag-Leffler, editor, recordemos, de la revista *Acta Mathematica* (apoyó a Cantor), copias de la carta de Kronecker y su respuesta, comentando:

No quiero que piense Vd. que voy a humillarme, se trata para mí sólo de restablecer las anteriores relaciones personales cordiales que se habían perdido, no sin culpa mía. Me alegro de corazón de que haya sido yo quien diera el primer paso para la aproximación.

Como podrá Vd. ver claramente en su escrito, Kr. [Kronecker] y Kummer han caído en un punto de vista muy sesgado, casi diría que *primitivo*, a la hora de juzgar la matemática, y *mantengo todo lo que de concreto y objetivo he dicho contra este punto de vista en mis «Fundamentos»*.

Por encima de las buenas y cordiales palabras existía, como vemos, un trasfondo de desencuentros.

Encuentros y desencuentros matemáticos

En la matemática, al igual que en cualquier otra ciencia o actividad profesional o social, se tejen relaciones, amistosas o no, que influyen en su desarrollo. La relación entre Cantor y Kronecker fue de oposición sobre los fundamentos de la matemática, pero otros destacados matemáticos sí apoyaron el transfinitismo cantoriano. Uno de ellos fue Richard Dedekind (1831-1916), un firme defensor de la matemática conjuntista y que, por tanto, era favorable a las teorías de Cantor; no obstante, también surgieron problemas en su relación que afectaron a su correspondencia, como se atisba en la carta que Cantor envió a Dedekind el 5 de noviembre de 1882:

> La circunstancia de no haber tenido noticias de Vd. en tanto tiempo y, en particular, tampoco la menor noticia desde la desgraciada pérdida [de su madre], me hace temer que Vd. mismo pueda no estar demasiado bien, y por ello comprenderá que me permita rogarle que me tranquilice en ese sentido con al menos unas líneas.
>
> Ese vacío es para mí más sensible por haberme acostumbrado, desde hace una serie de años, a someter a su maduro juicio mis experiencias matemáticas íntimas, y precisamente, desde nuestros recientes encuentros en Harzburg y Einsenach, Dios todopoderoso me ha concedido alcanzar las aclaraciones más notables e inesperadas en la teoría de conjuntos y en la teoría de números, o, más bien, que encontrara aquello que ha fermentado en mí durante años y que he estado buscando tanto tiempo.

Entre las cartas que se intercambiaron, he seleccionado otra, del 28 de julio de 1899, en la que Cantor explicaba a Dedekind algunas de sus contribuciones:

> ¡Estimadísimo amigo!
>
> Su querida carta con deseos cordiales para nuestras dos parejas de novios nos ha alegrado a todos tanto, y en especial a mí me

hizo tanto bien recibir nuevamente un signo de vida por parte de Vd. y de su querida hermana, que no puedo por menos sino comunicarle enseguida esas sensaciones. Qué alegría da escuchar que también este verano respira Vd. el aire puro y vigoroso de Harzburg, que se recrea en las viejas sendas queridas y familiares del bosque, donde tantas veces he tenido la alegría de acompañarle. En Pentecostés de este año yo también estaba allí, con mi hermana menor, Margarethe; nos alojamos cinco días en el hotel Bellevue. Vd. no había llegado aún, pero sus caseros, a quienes pregunté, le esperaban en una semana.

Me gustaría que de ahora en adelante permaneciéramos en correspondencia regular tanto tiempo como nos sea concedido, pues con los cincuenta y cuatro años que tengo ya tras de mí, uno comienza a pensar en el final; ¡cuántos han llegado al fin mucho antes! Para satisfacer este deseo amargamente sentido desde hace tantos años, me gustaría ser yo quien comenzara, si es que está Vd. de acuerdo con esto, a darle cuenta de los progresos de mis pensamientos en la teoría de conjuntos, y a pedir su opinión respecto a ciertos puntos capitales.

Sabe Vd. que hace ya muchos años que me vi conducido a una sucesión bien ordenada de potencias o números cardinales transfinitos, que llamo los «alefs»:

$$\aleph_0, \aleph_1, \ldots, \aleph_\nu, \ldots \aleph_\omega, \aleph_{\omega+1}, \ldots$$

$\aleph_0$ denota la potencia de los conjuntos «enumerables» en el sentido usual, À$_1$ el número cardinal inmediatamente mayor, À$_2$ el siguiente inmediatamente mayor, etc.; À$_w$ es el que sigue inmediatamente a todos los À$_n$ (esto es, el inmediatamente mayor) y es igual a

$$\aleph_0 + \aleph_1 + \ldots + \aleph_\nu + \ldots$$

etcétera.

La gran cuestión es si, aparte de los alefs, existen también otras potencias de conjuntos; hace ya dos años que estoy en posesión de una demostración de que no existe ninguna; de modo, por ejemplo, que al continuo lineal aritmético (la totalidad de los números reales) le corresponde un cierto alef como su número cardinal.

Por el contrario, para mí, la cuestión Bacon-Shakespeare se ha calmado completamente; me ha costado mucho tiempo y dinero; para llevarla más lejos debería hacer sacrificios aún mucho mayores, viajar a Inglaterra, estudiar allí los archivos, *etc.*

Con los mejores deseos para Vd. y su Sra. hermana, suyo humildemente.

GEORG CANTOR

La «cuestión Bacon-Shakespeare» a la que se refería Cantor es la teoría que sostenía que el verdadero autor de las obras de teatro de William Shakespeare había sido en realidad el político, filósofo y ensayista inglés Francis Bacon (1561-1626), recordado especialmente por su libro *Novum organun* (1620), en el que defendió la necesidad de experimentar para que la ciencia avanzase. Cantor dedicó mucho esfuerzo en investigar la cuestión y apoyó la tesis favorable a Bacon. Fracasó, no obstante, en publicar los resultados de sus investigaciones; así, el 1 de febrero de 1900 escribía a su hijo Erich:

> Como sabes, desde hace mucho estoy buscando un *canal* —uno sin coste— para llevar al público educado mi investigación sobre Shakespeare. Esto permitirá que mis hallazgos sean *examinados* y, sea cual sea lo correcto que haya en ellos, tendrán algún valor para la humanidad. Tú conoces los muchos y costosos intentos que he emprendido *sin éxito* para alcanzar este fin. Sólo considera el número de rechazos que he recibido de editoriales, editores, etc., *etc.* Esto es, deseaba un *canal*, pero hasta ahora solamente he encontrado *canallas*, que me trataron con desprecio. Individuos arrogantes e idiotas, que no saben nada de mi trabajo y que no me ayudarán, todo porque me opongo a los *clichés académicos* y a su teoría.

Ante la falta de contestación de Dedekind a su carta del 28 de julio, Cantor continuó escribiéndole y sólo el 29 de agosto recibió una respuesta, en la que le decía que estaba «lejos de estar preparado para la discusión de su comunicación, ¡de momento sería de lo más infructuosa!». En vista de ello, Cantor recurrió a la estrella emergente de la matemática de finales del siglo XIX y primeras décadas del XX, David Hilbert (1862-1943), al que escribía el 15 de noviembre de 1899:

Muchas gracias por su amable carta de ayer. Hace ya mucho que le hubiese enviado el prometido número III del trabajo en curso para los *Annalen*, «Contribuciones a la fundamentación de la teoría de conjuntos transfinitos» (número que está fijo y listo salvo en detalles insignificantes), si hubiera recibido una respuesta del Sr. Dedekind a las tres o cuatro cartas que le escribí en los meses de agosto y septiembre de este año.

¡Comprenderá Vd. el valor que debo dar a sus respuestas!

Veo en su valioso escrito [parece que se refería al artículo de Hilbert que contenía un sistema axiomático para los números reales], para mi alegría, que reconoce Vd. la relevancia que debe tener *precisamente para él* [esto es, para Dedekind] el autor del escrito «¿Qué son y para qué sirven los números?» [*Was sind und was sollen die Zahlen?*, 1888], la publicación abierta del fundamento de mi investigación conjuntista (fundamento que puede encontrar Vd. en los «Grundlagen» publicados el año 1883, especialmente en las *notas al final*, expresado de un modo bastante claro pero intencionadamente *algo oculto*).

Y es que este fundamento mío es *diametralmente opuesto* al punto clave de sus investigaciones, que debe verse en el supuesto ingenuo de que *todas las colecciones bien definidas o sistemas* son también «*sistemas consistentes*».

Se ha convencido Vd. pues de que el mencionado supuesto de Dedekind es erróneo, cosa que naturalmente yo advertí *nada más aparecer* la primera edición del escrito antes mencionado, en el año 1887. Pero, como es comprensible, no quería enfrentarme con un hombre de tan grandes méritos en la teoría de números y el álgebra, sino que preferí esperar a tener una ocasión en la que discutir la cuestión con él mismo, ¡*a fin de que él mismo pudiera realizar y publicar las necesarias correcciones en sus investigaciones*!

Sólo en este otoño me ofreció la ocasión, ya que *por razones que desconozco* me ha guardado rencor durante años, y *casi rompió* la vieja correspondencia que tuvimos desde 1871 *hasta 1874*.

Quiero hacer una copia para Vd., querido colega, de la carta principal que le dirigí el 3 de agosto de este año, para enviársela enseguida. Entonces tenga a bien darme su opinión con respecto a cómo debo comportarme en este asunto desde ahora. Durante este invierno estaré muy ocupado, lo que me conviene mucho y se corresponde perfectamente con mi natural. Podrá Vd. ver en la página principal del *Vossiche Zeitung*, domingo 12 de nov., que durante este invierno impartiré cinco lecciones en Berlín; *igualmente* cinco lecciones en Leipzig sobre el mismo tema [el asunto Bacon–Shakespeare], donde *he llegado al fondo mismo de la*

cuestión; los señores filólogos quedarán maravillados.

¡Me he propuesto no faltar a París, en agosto de 1900!

Pronto le visitaré en Gotinga.

Está claro que Cantor, que por entonces seguramente estaba afectado por el desequilibrio mental que padeció durante una parte importante de su vida (y que se agravó cuando el 16 de diciembre de 1899 falleció su hijo pequeño, Rudolf), buscaba que Hilbert lo apoyase. No tenía por qué esforzarse para ello, pues Hilbert, al igual que el íntimo amigo de éste y también notable matemático, Hermann Minkowski (1864-1909), apoyaron con firmeza las ideas y contribuciones de Cantor. De hecho, cuando Minkowski se convirtió en catedrático en la Universidad de Königsberg en 1894 —sucedió precisamente a Hilbert, que pasó a Gotinga—, desarrolló un curso sobre la teoría del infinito de Cantor; hay que tener en cuenta que, por entonces, la mayor parte de la comunidad matemática germana rechazaba esa teoría debido sobre todo a la oposición de Kronecker. En cuanto a Hilbert, baste recordar que en su famosa conferencia «Mathematische Probleme» («Problemas matemáticos») en el Congreso Internacional de Matemáticos, celebrado en París en 1900, cuya versión publicada contenía 23 problemas matemáticos sin resolver, el primero de la lista se titulaba «Problema de H. Cantor relativo a la potencia del continuo»; se refería a la hipótesis de que no existen conjuntos infinitos cuyo tamaño esté comprendido entre el conjunto de los números naturales y el conjunto de los reales. De hecho, justo antes de comenzar a enunciar y comentar aquellos problemas, Hilbert señalaba: «Los sucesos más

sugerentes y más importantes en los dominios del análisis y la geometría durante el siglo XIX son, a mi parecer, la concepción aritmética de la noción de continuo que se encuentra en los trabajos de Cauchy, Bolzano y Cantor, así como en el descubrimiento de la geometría no euclidiana por Gauss, Bolyai, Lobachevski».

44
BERTRAND RUSSELL, CANTOR Y FREGE*

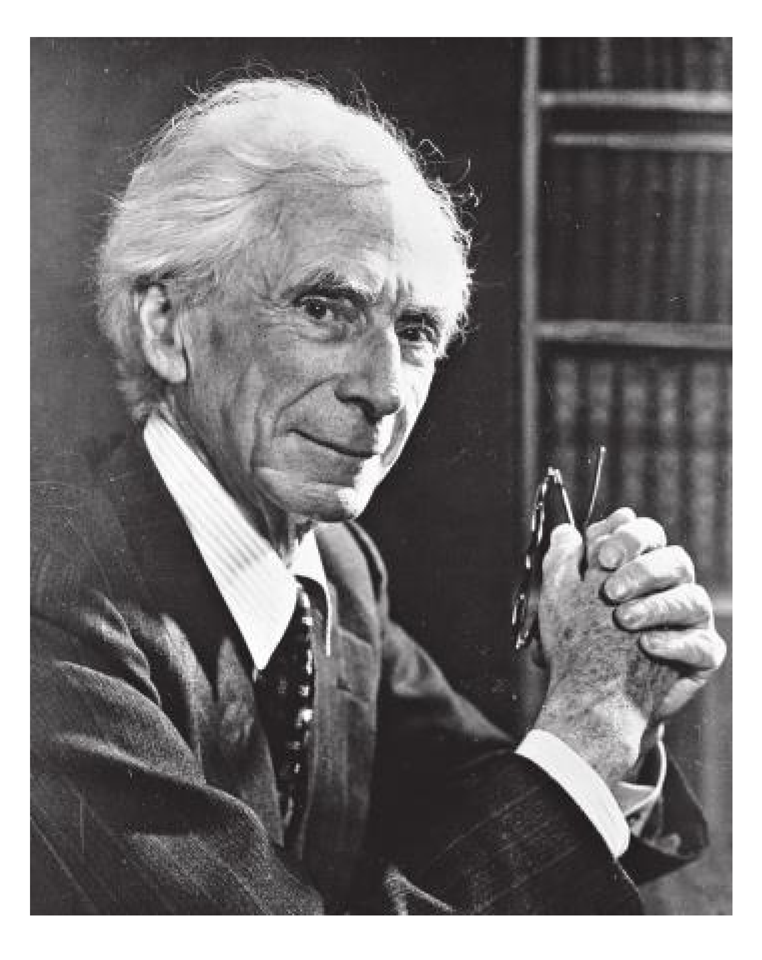
Bertrand Russell (1872-1970) fue uno de los pensadores más influyentes del siglo XX. Pocos como él, si es que existió alguno, ansiaron conocer tanto. Los fundamentos de la matemática y la filosofía fueron sus intereses primarios, pero también mostró gran interés en la física y una profunda sensibilidad sociopolítica. El monumental libro *Principia Mathematica* (tres volúmenes, 1910-1913), que escribió en colaboración con Alfred North Whitehead (1861-1947), fue un ambicioso y gigantesco programa (logicista) que buscaba reducir la matemática a la lógica. Al final, este programa fracasaría, sobre todo cuando Kurt Gödel demostró, en 1931, la imposibilidad de formalizar completamente la aritmética en un sistema consistente de axiomas y reglas de inferencia. Estudiar la biografía, y la ingente correspondencia, de Russell es como adentrarse en una espesa jungla en la que no se sabe lo que se va a encontrar. Sin embargo, no he querido que él faltase en este libro; sería algo semejante a una mutilación imperdonable. He seleccionado lo que representó para él la obra de Georg Cantor, pero, antes de recurrir a sus cartas, citaré lo que él escribió en uno de sus libros, *Portraits from Memory and other Essays* (1956), acerca de cómo supo de la obra de Cantor:

> Mi primer contacto serio con la filosofía kantiana alemana consistió en la lectura de Kant, a quien, mientras fui estudiante, veneré respetuosamente. Mis profesores me dijeron que debía considerar, por lo menos, lo mismo a Hegel, y yo acepté su opinión hasta que le leí. Pero cuando leí a Hegel, descubrí que sus

> observaciones sobre la filosofía de las matemáticas (que era la parte de la filosofía que más me interesaba) eran ignorantes y, al mismo tiempo, estúpidas. Esto me hizo rechazar su filosofía y, por entonces, por razones algo diferentes, rechacé la filosofía de Kant. Pero, a la vez que iba abandonando la filosofía alemana tradicional, iba tomando conciencia de la obra de los matemáticos alemanes sobre los principios matemáticos, la cual, en aquel tiempo, era muchísimo mejor que otra cualquiera sobre el mismo tema. Leí ávidamente los trabajos de Weierstrass y Dedekind, que aventaban muchas de las antiguas metafísicas que habían obstruido siempre los fundamentos de las matemáticas desde la época de Leibniz. Más importante que cualquiera de los dos fue Georg Cantor, tanto intrínsecamente como por la influencia que ejerció en mi obra. Desarrolló la teoría de los números infinitos en una obra que hizo época, que demostraba un extraño genio. El trabajo era muy difícil y, durante mucho tiempo, no lo comprendí por completo. Lo copié, casi palabra por palabra, en un libro de notas, porque descubrí que este procedimiento de progresión lenta lo hacía más inteligible. Mientras lo hacía, pensaba que su razonamiento no era correcto, pero, a pesar de ello, perseveré. Cuando terminé, descubrí que las incorrecciones eran mías, no suyas. Fue un hombre muy excéntrico y, cuando no estaba escribiendo libros maestros de matemáticas, escribía libros para demostrar que Bacon había escrito a Shakespeare. Me envió uno de esos libros, con una inscripción en la cubierta que rezaba: «Veo que su lema es Kant o Cantor». Kant era su coco. En una carta le describía así: «Lejano filisteo sofista, que sabía tan pocas matemáticas». Fue un hombre belicoso y, estando trabado en gran controversia con el matemático francés Henri Poincaré, me escribió: «¡Yo no seré el vencido!», lo cual, verdaderamente, resultó ser cierto. Siempre lamentaré no haberle conocido nunca personalmente. Precisamente en el momento que iba a hacerlo, su hijo cayó enfermo y tuvo que regresar a Alemania.

Russell descubrió a Cantor en marzo de 1896 cuando leyó varios artículos de éste, publicados en *Acta Mathematica* por Gösta Mittag-Leffler en 1883, traducidos al francés. Fue entonces cuando se formó una impresión negativa del trabajo de Cantor y tomó las notas que mencionaba en la cita anterior, notas que se conservan en un cuaderno de 124 páginas.

Dicho año aparece en una carta que Russell envió el 15 de abril de 1910 al lógico inglés Philip Jourdain (1879-1919) —que aunque no desempeñó cargo académico alguno, mantuvo una correspondencia frecuente con Russell e intercambios con Cantor, Frege, Peano, Zermelo y Hardy entre otros—, una carta en la que además mencionaba otros detalles de su formación, incluida la influencia que ejercieron sobre él los matemáticos lógicos y filósofos Giuseppe Peano (1858-1932) y Gottlob Frege (1848-1925):



Bertrand Russell.

Por lo que concierne a las cuestiones autobiográficas, la primera cosa que *escribí* mostrando la influencia de Peano fue el artículo [de 1901] en RdM [*Revista di matemática*, vol.] VII. No recuerdo si se publicó antes o después del artículo en el *International Monthly*; si fue después, el *International Monthly* fue mi primera publicación peanesca.

La primera vez que leí los primeros trabajos de Cantor fue en 1896; por entonces no estaba convencido de que fuesen válidos. Trabajé luego durante algún tiempo en los principios de la dinámica; fui al Laboratorio Cavendish y estudié a Clerk Maxwell. Encontré de manera gradual que la mayor parte de lo que es importante filosóficamente en los principios de la dinámica pertenece a problemas de lógica y de aritmética. Esta opinión se vio alentada por mi adopción de los puntos de vista de [George] Moore en filosofía. Durante julio y agosto de 1900, [Alfred North] Whitehead y yo fuimos al Congreso Filosófico de París. Me impactó la superioridad argumentativa de Peano y sus discípulos sobre todos sus adversarios, y acabé convencido de que los métodos de Peano debían conducir a pensamientos claros.[15] Por consiguiente, compré allí y entonces el vol. VII, n.º 1 de RdM [*Rivista di Matematica*] de Peano y comencé a estudiarlo. De inmediato leí todo el RdM y cualquier cosa que parecía importante en el formulario. En septiembre de 1900 inventé mi lógica de las relaciones; a principios de octubre escribí el artículo que apareció en RdM VII 2-3; durante el resto del año escribí las partes III-VI de mis *Principles* [*The Principles of Mathematics, 1903*] (la parte VII es mucho anterior, las partes I y II mucho más tardías, mayo de 1902), y en enero de 1901 escribí el artículo para el *International Monthly*. En junio de 1901 descubrí la contradicción sobre las clases que no son miembros de sí mismas, que ocupó la mayor parte de mi tiempo y pensamiento durante los siguientes cinco o seis años.

Fui inducido a comprar los *Grundgesetze* [*Grundgesetze der Aritmetik* (*Fundamentos de la aritmética*), cuyo primer volumen apareció en 1893 y el segundo, en 1903] de Frege por una recensión desfavorable [de 1895] de Peano en RdM, en la que acusaba a Frege de innecesaria sutileza. La introducción me impactó como admirable, pero no pude entender la utilización que hacía Frege de las letras griegas, alemanas y latinas, y lo guardé durante casi dos años, tiempo durante el cual había descubierto por mí mismo la mayor parte de lo que él tenía que decir y, en consecuencia, fui capaz de entenderlo. Debo haber conseguido por primera vez las *Grundgesetze* a finales de 1900. Obtuve de James Ward una copia antigua del *Begriffsschrift*

[*Ideografía*, 1879], pero no sabía qué hacer con ella y no la utilizaba.

Hasta que no estuve en posesión de Peano, nunca se me había ocurrido que la lógica simbólica fuese de alguna utilidad para los principios de la matemática, porque conocía el paño booleano y lo encontraba inútil. Fue la ε de Peano, junto con el descubrimiento de que las relaciones podían encajar en este sistema, lo que me llevó a adoptar la lógica simbólica. Ya había descubierto que las relaciones con propiedades formales asignadas (transitividad, etc.) eran las cosas necesarias en las matemáticas, y la filosofía de Moore me condujo al deseo de hacer relaciones explícitas, en lugar de utilizar únicamente ε y ⊂. Esto es consistente con mi ataque a la lógica sujeto-predicado en mi libro sobre Leibniz [*A Critical Exposition of the Philosophy of Leibniz*, 1900; arts. 10-12]. Leí a [Friedrich] Schröder en sus *Relaciones* [*Vorlesungen uber due Algebra der Logik (exakte Logik)*, vol. 1 de 1890, pero se refiere al vol. 3, de 1895] en septiembre de 1900, y encontré que sus métodos eran desesperantes, pero Peano me proporcionó justo lo que quería. Aunque parezca mentira, me guie sobre todo por la creencia de que las relaciones deben tomarse en *intension*, algo que he abandonado desde entonces, aunque no he abandonado las notaciones que me llevó a adoptar. La única aportación desempeñada por el trabajo de Cantor fue que puse a prueba mi lógica de las relaciones mediante su aplicabilidad a Cantor. Pero la geometría también estaba mucho en mi mente.

Una visita de Cantor a Russell que no llegó a realizarse

La carta anterior contiene mucha información sobre los caminos que Russell tomó en la lógica matemática, pero antes de detenerme en la relación que tuvo con el trabajo de Frege, pese a alterar el orden temporal, me ocuparé del intercambio epistolar que mantuvo con Cantor, y que Russell citó en el primer tomo de su autobiografía. Precediendo a las cartas que allí reprodujo, Russell escribía:

Georg Cantor, tema de las siguientes cartas, fue, en mi opinión,

uno de los más grandes intelectos del siglo. La controversia a que se refiere está todavía (1949) en plena vigencia, aunque los protagonistas originales hayan muerto hace mucho tiempo. Después de leer las siguientes cartas a nadie le sorprenderá saber que pasó gran parte de su vida en un manicomio, pero sus intervalos lúcidos los dedicó a crear la teoría de los números infinitos.

La primera carta que Russell citó procedía de una «intermediaria», Margaret I. Corbett Ashby. Estaba fechada en Londres el 16 de septiembre de 1911 y decía:

Estimado Mr. Russell:

Por accidente, me he encontrado hoy con el catedrático Georg Cantor, catedrático de Matemáticas en la Universidad de Halle, y su principal deseo durante su estancia en Inglaterra sería el verse con usted para hablar de sus libros. Experimentó un vivo placer cuando, al hablar de Cambridge, supo que yo le conocía a usted un poco —le ruego perdone esta jactancia de mi conocimiento de un «*Mathematiker*» inglés—, y tuve que prometer que trataría de averiguar si el catedrático podría verle. Se propone visitar Cambridge el martes y Oxford el jueves, y mientras tanto permanecerá una semana en el número 2 de Nevern Square, South Kensington.

Este encuentro ha sido un placer para mí, aunque, si es usted tan amable que accede a verle, simpatizará conmigo si le digo que quedé exhausta después de una conversación de cuatro horas. Era como una sirena en la niebla discurseando sobre matemáticas —¡a mí!— y sobre la teoría de Bacon.

¿Podría enviarle unas líneas, o enviármelas a mí, a Woodgate, Danechill, Sussex? El catedrático es un *Geheimrath*. ¡Podría contarle a usted toda la historia de su familia!

Rogándole me disculpe, le saluda atentamente,

MARGARET I. CORBETT ASHBY

Tres días después, Russell recibía una carta del propio Cantor:

Estimado señor y colega:

Por mediación de la señora Margaret Corbett Ashby, tengo ahora la ocasión de enviarle la siguiente carta. Permaneceré aquí durante una semana, aproximadamente, con mi hija Mary, probablemente hasta el domingo 24 de septiembre, día en que partiré quizá para París, también para una semana más o menos, o me marcharé a casa. Me gustaría mucho que nos acompañase usted a París. Allí podríamos ver juntos a monsieur Poincaré, con lo cual formaríamos un magnífico «trío».

En cuanto a mí mismo, quizá sepa usted que soy un gran hereje en muchas cuestiones científicas, y también literarias, tales como, para no mencionar más que dos de ellas: soy baconiano en la cuestión Bacon-Shakespeare y soy *un resuelto adversario del viejo Kant*, quien, para mí, ha hecho mucho daño a la filosofía e, incluso, a la humanidad, como se ve fácilmente a través de ese desarrollo pervertido de la metafísica en Alemania en todos cuantos le siguieron, como en Fichte, Schelling, Hegel, Herbart, Schopenhauer, Hartmann, Nietzsche, etc., etc., hasta nuestros días. Nunca pude entender esto, ni por qué personas tan razonables y ennoblecidas, como los italianos, los ingleses y los franceses, han podido seguir a ese *filisteo sofístico*, que fue *tan mal matemático*.

Y ahora resulta que monsieur Poincaré se ha enamorado perdidamente de esa momia abominable que es Kant, si es que no ha sido hechizado por él. De esta manera comprendo muy bien la oposición de monsieur Poincaré, por la cual me siento honrado, aunque nunca haya sido intención suya honrarme, de eso estoy seguro. Si espera que le conteste para defenderme ciertamente está en un craso error.

Creo que es unos diez años más joven que yo, pero he aprendido a esperar en todas las cosas, y ahora preveo claramente que, en esta disputa, *no seré yo quien sucumba*. Que haga lo que le plazca.

Pero no me considero obligado a entrar yo mismo en la batalla; otros le precipitarán y esto me permitirá hacer cosas más grandes e importantes. En cuanto a las pequeñas diferencias entre usted y yo, estoy seguro de que desaparecerán tan pronto como hayamos charlado de viva voz.

[…].

Con la esperanza de verle estos días en Cambridge o en Londres,

le saluda atentamente,

GEORG CANTOR

[…]

> En cuanto a Kant y a sus sucesores, veo, y le mostraré a usted, la verdadera causa de su posición con una base tan *aparentemente* firme de éxito, honor, veneración, idolatría. Y *esta causa* consiste en que el protestantismo germano, en su desarrollo hacia el «liberalismo», *necesita* un *fundamento* sobre el que construir su *aparente* cristianismo, de modo que los teólogos protestantes eligen a Kant, o a uno de sus sucesores, para que sea su *Atlas*. Una mano lava a la otra, uno depende del otro, y *uno tiene que caer con el otro*…
>
> Jamás hice daño a monsieur Poincaré; al contrario, *je l'honorait fortement dans mes «grundlagen eiher allgemeinen-M lehre»*.

Lamentablemente, y como señalaba Russell en sus memorias, Cantor no llegó a encontrarse con Russell. La razón la explicó el propio Cantor a Russell en una carta fechada el mismo 19 de septiembre. En ella le decía que, justo después de terminar la carta anterior, había recibido noticias de que su único hijo había enfermado y que por ello regresaba a Alemania. Fue una gran ocasión perdida para la historia de la matemática.

Y ahora, pasemos a Gottlob Frege.

Russell y Frege

En uno de sus libros, *Portraits from Memory and other Essays* (*Retratos de memoria y otros ensayos*, 1956), Russell escribió:

> La influencia que estos hombres [Cantor, Weierstrass, Dedekind y Poincaré] ejercieron sobre mi trabajo data de los últimos años del siglo XIX. Al principio del XX, establecí contacto con un hombre por quien tuve, y tengo, el mayor de los respetos, aunque, en aquella época, era prácticamente desconocido. Me refiero a Frege. Resulta difícil comprender por qué el mérito de su obra no ha sido reconocido. Dedekind ha sido justamente aclamado, pero Frege,

en la misma materia, fue mucho más profundo. Mis relaciones con él fueron curiosas. Debieron haberse iniciado cuando mi profesor de filosofía, James Ward, me entregó el librito de Frege, *Begriffschrift*, diciéndome que no lo había leído y no sabía si tenía algún valor. Para mi vergüenza, tengo que confesar que tampoco lo leí; no lo hice hasta después de elaborar por mi parte mucho de lo que aquel libro contenía. El libro se publicó en 1879 y yo lo leí en 1901. Me inclino a sospechar que fui su primer lector. Lo que primero llamó mi atención, por lo que se refiere a Frege, fue una crítica de Peano sobre un libro posterior de aquél, en el que le acusaba de sutileza innecesaria. Como Peano era el lógico más sutil con que había tropezado hasta entonces, tuve la impresión de que Frege debía ser extraordinario. Adquirí el primer volumen de su libro de aritmética [*Grundgesetze*] (el segundo volumen todavía no había sido publicado). Leí la introducción con admiración apasionada, pero me repelió el tosco simbolismo que Frege había utilizado, y sólo fui capaz de comprender lo que había escrito en el texto después de haber hecho yo mismo el mismo trabajo. Fue el primero en exponer la concepción, que era y es la mía, de que la matemática es una prolongación de la lógica, y fue el primero que dio una definición de los números en términos lógicos. Hizo esto en 1884, pero nadie se dio cuenta de que lo había hecho.

Frege pensaba, como yo pensé durante algunos meses del nuevo siglo, que la reducción de la matemática a la lógica había sido definitivamente terminada. Pero en junio de 1901 tropecé con una contradicción que demostraba que algo era erróneo. Escribí a Frege sobre ello, y se comportó con un noble candor que no se puede encarecer lo suficiente. El segundo volumen de su aritmética ya estaba impreso, pero aún no se había publicado. Añadió un apéndice en el que decía que, en vista de la contradicción que yo le había comunicado, «*die Arithmetik ist ins Schwanken geraten*» («la aritmética no está establecida sólidamente»).

En otro de los libros en los que pasaba revista a su vida y obra, *My Philosophical Development* (*Mi desarrollo filosófico*, 1959), Russell explicó la naturaleza de esa contradicción:

Llegué a esta contradicción al considerar la prueba de Cantor de

que no existe un número cardinal mayor que todos. Yo pensaba, en mi inocencia, que el número de todas las cosas que existen en el universo debe ser el número más grande posible, y apliqué su prueba a ese número para ver qué ocurría. Esta operación me llevó a considerar una clase muy peculiar. Pensando dentro de la línea que hasta entonces había considerado adecuada, me parecía que una clase es, a veces sí y a veces no, un miembro de sí misma. […] Parecía haber ejemplos que no eran negativos; por ejemplo, la clase de todas las clases es una clase. La aplicación del argumento de Cantor me llevó a considerar las clases que no son miembros de sí mismas; y éstas, al parecer, deben formar una clase. Me pregunté si esa clase es un miembro de sí misma o no. Si es un miembro de sí misma, debe poseer la propiedad definitoria de la clase, que es no ser miembro de sí misma. Si no es miembro de sí misma, no debe poseer la propiedad definitoria de la clase, y por lo tanto debe ser miembro de sí misma. Así, cada alternativa contradice a la contraria, y existe una contradicción.

Una manera acaso más sencilla de expresar esta contradicción es como sigue: «Supongamos que un hombre dice: "Soy un mentiroso". Si es mentiroso, su afirmación es verdadera. Si no es mentiroso, entonces, al decir que es mentiroso, es mentiroso, luego dice la verdad (no es mentiroso). Por consiguiente, cualquier hipótesis implica su contradictoria».

La devastadora carta que Russell envió a Frege, fechada el 16 de junio de 1902, decía lo siguiente:

Querido colega:

He sabido de su *Grundgesetze* desde hace un año y medio, pero sólo ha sido ahora cuando he podido encontrar tiempo para el estudio detallado que pretendo dedicar a sus escritos. Estoy totalmente de acuerdo con usted en todos los puntos principales, en particular en su rechazo de todo elemento psicologicista en lógica, y en el valor que asigna a una notación conceptual para los fundamentos de las matemáticas y de la lógica formal que, de paso, a duras penas pueden distinguirse. En muchos detalles, encuentro en las discusiones, distinciones y definiciones de sus escritos todo lo que uno busca en vano en otros lógicos. En

> particular, en lo que respecta a las funciones (sección 9 de su *Notación Conceptual*) he llegado independientemente a las mismas conclusiones, incluso en detalle. He encontrado una dificultad tan sólo en un punto. Afirma (p. 17) que una función puede también constituir el elemento indeterminado. Esto es lo que solía creer yo, pero este punto de vista me parece ahora dudoso debido a la siguiente contradicción: sea *w* el predicado de un predicado que no puede ser predicado de sí mismo. ¿Puede *w* ser un predicado de sí mismo? De ambas respuestas se sigue una contradicción. Debemos por tanto concluir que *w* no es un predicado. Igualmente, no existe una clase (en su totalidad) de todas las clases que, en su totalidad, no sea miembro de sí misma. De esto concluyo que bajo ciertas circunstancias un conjunto definible no forma un conjunto completo.

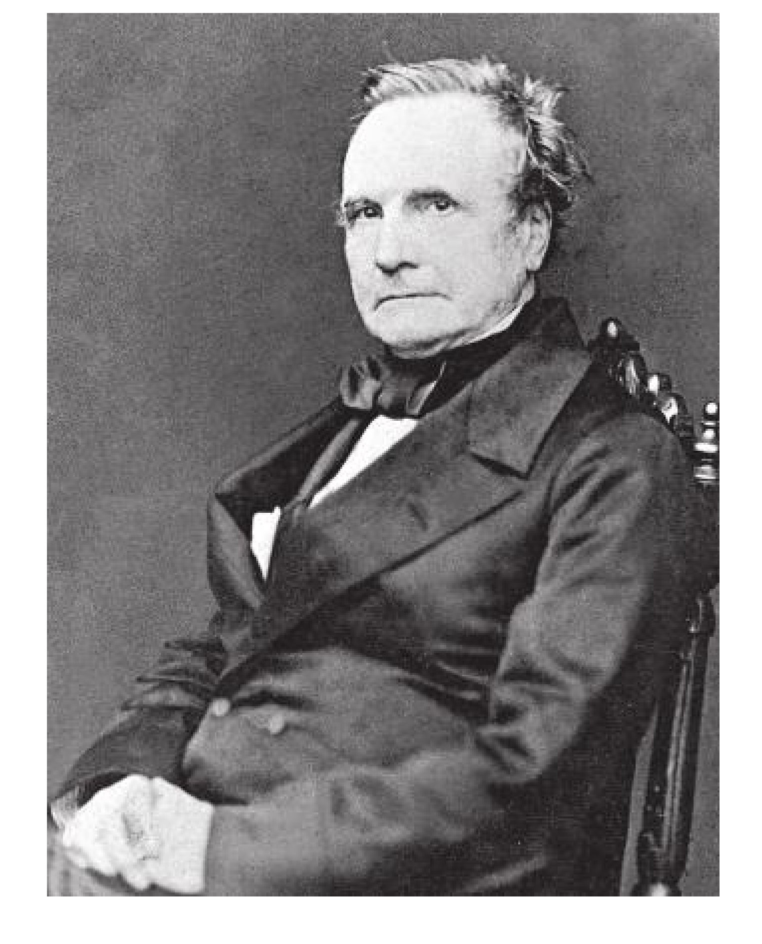
Es fácil imaginar lo que Frege debió sentir al saber que la que seguramente consideraba la obra de su vida se derrumbaba.

45
CHARLES BABBAGE Y ADA LOVELACE, LA «NOVIA DE LA CIENCIA»*

Junto a la astronomía y la medicina, la matemática forma parte de lo que se podría denominar la primera «gran tríada de la ciencia». Y como la matemática implica cálculos, que pueden llegar a ser muy complejos y engorrosos (no se reduce sólo a esto), algunos científicos, al avanzar la ciencia y aumentar las necesidades de cálculo en campos como la astronomía, pensaron en diseñar y construir máquinas que hicieran cálculos automáticos a partir de una serie de datos e instrucciones. Entre ellos se encuentran Wilhelm Schickard (1592-1635), Blaise Pascal (1623-1662) y Gottfried Leibniz; sin embargo, ninguno de esos pioneros tempranos compite en ambición y fama en este campo con el inglés Charles Babbage (1791-1871).

Al inicio de su carrera, Babbage se confirmó como un matemático capaz y publicó más de una docena de artículos entre 1813 y 1820. Asimismo, junto a sus amigos de Cambridge, John Herschel, William Whewell y George Peacock, fundó la Analytical Society, una sociedad para defender la necesidad de introducir en Inglaterra el cálculo diferencial a la manera de Leibniz, abandonando el cálculo fluxional de Newton. Pero al cabo de cierto tiempo dio un giro a sus intereses, hasta entonces limitados a cuestiones matemáticas tradicionales, y se dedicó a inventar novedosas máquinas para calcular. Su primera manifestación en este sentido fueron dos artículos en las *Memoirs of the Astronomical Society of London*

(establecida en 1820 y de la que Babbage era socio fundador), que, aunque llevan la fecha de 1822, no aparecieron hasta 1824. El primero lo leyó en la Sociedad el 14 de junio de aquel año y se titulaba «A note respecting the applications of machinery to the calculation of astronomical tables», y el segundo, «Observations on the application of machinery to the computation of mathematical tables», el 13 de diciembre. En ellos ya presentaba la primera de sus máquinas de calcular, la denominada «Difference Engine» («máquina diferencial»); en el artículo inicial centraba su aplicación en la expresión $x2 + x + 41$ para generar números primos, mientras que en el segundo describía mejoras en la máquina para limitar los errores al construir tablas. Básicamente, la máquina diferencial —su nombre derivaba del método que usaba, conocido como «de diferencias finitas»— era un instrumento mecánico para calcular e imprimir tablas de funciones polinómicas. Y como la mayoría de las funciones que suelen utilizar científicos e ingenieros —ciertamente las trigonométricas y logarítmicas— se pueden aproximar desarrollándolas en series polinómicas, el rango de aplicabilidad de la máquina se veía bastante ampliado. Poco más de una década después, a partir de 1833, Babbage dedicó constantes esfuerzos a mejorar sus máquinas e, inspirándose en el telar de Joseph Marie Jacquard, ideó una máquina programable para efectuar cualquier tipo de cálculo, a la que llamó «máquina analítica».



Charles Babbage.
© *Album*

La historia de la lucha de Babbage por construir estas máquinas, y de los intentos —en ocasiones exitosos— de recibir ayuda económica del Gobierno inglés, es tan larga como compleja, complejidad a la que contribuía el difícil carácter de Babbage. Tan sólo diré que en varias ocasiones el Gobierno apoyó económicamente a Babbage; por ejemplo, en 1823, y con un informe favorable de la Royal Society, recibió de los fondos públicos 1.000 libras esterlinas para la construcción de la máquina diferencial, dinero que fue insuficiente debido, entre otras razones, a la gran

precisión que se necesitaba en las muchas piezas que componían la máquina.

Babbage nunca publicó una descripción rigurosa de la máquina diferencial y nada sobre la máquina analítica, de la que sí habló en una conferencia que pronunció en una reunión de científicos celebrada en Turín en 1840, y a la que le invitó un amigo suyo italiano, Giovanni Plana. En su libro autobiográfico, *Passages from the Life of a Philosopher* (*Pasajes de la vida de un filósofo*, 1864), Babbage explica que Plana le había escrito una carta en la que le decía que había intentado obtener de muchos compatriotas de Babbage información sobre la potencia y mecánica de su máquina, y que como «Hasta ahora el departamento *legislativo* de nuestro análisis ha sido muy poderoso, pero el *ejecutivo* muy débil», pensaba que «Su máquina parece darnos el mismo control sobre el ejecutivo que el que hemos poseído hasta ahora sobre el departamento legislativo». Babbage señalaba:

> Considerando la muy limitada información que podía haber llegado a mi amigo sobre la máquina analítica, me sorprendió y deleitó lo exacto de la previsión de su potencia. Incluso en aquel momento yo no podía expresar con mayor claridad, y con tan pocas palabras, su verdadero objetivo. Reuní mis modelos, dibujos y anotaciones pensando en la mejor forma de dar una idea de los principios y modo de operación de la máquina analítica.

La reacción de los asistentes a la disertación de Babbage fue entusiasta. No obstante, lo más importante fue que Luigi Federico Menabrea (1809-1896), un ingeniero militar de treinta años que se convertiría en primer ministro de Italia veintisiete

años después, publicó en octubre de 1842, en la *Bibliothèque Universelle de Genève* (vol. 41, pp. 352-376), un artículo en francés basado en las notas que tomó de la conferencia de Babbage en Turín: «Notions sur la machine analytique de M. Charles Babbage».

Y en este punto aparece Augusta Ada Byron (1815-1852), la única hija legítima del gran poeta lord Byron. Ada King, tras su matrimonio con William King, primer *earl* de Lovelace, pasó a ser conocida como Ada Lovelace.



Ada Lovelace.

© *Gado/Getty Images*

Cuando en febrero de 1843 Ada leyó el artículo de Menabrea, decidió traducirlo al inglés añadiendo notas, muchas de las cuales fueron bastante extensas. En su autobiografía, Babbage se refirió a este episodio en los siguientes términos:

> Algún tiempo después de la aparición de su memoria [la de Menabrea] sobre el tema en la *Bibliothèque Universelle de Genève*, la difunta condesa de Lovelace me informó que había traducido la memoria de Menabrea. Le pregunté por qué no había escrito ella misma un artículo original sobre el tema, con el que estaba tan íntimamente familiarizada. A esto lady Lovelace contestó que pensaba que no se le había ocurrido a ella. Sugería entonces que podía añadir algunas notas a la memoria de Menabrea, idea que fue adoptada inmediatamente.
>
> Discutimos juntos las varias ilustraciones que podían introducirse. Yo sugerí algunas, pero la selección fue completamente suya. También lo fue el desarrollo algebraico de diferentes problemas, excepto, de hecho, los relacionados con los números de Bernoulli, que yo me había ofrecido a hacer para evitar la molestia a lady Lovelace. Ella me lo devolvió para que lo corrigiese porque había detectado un grave error que yo había cometido en el proceso.
>
> Las notas de la condesa de Lovelace ocupaban alrededor del triple de la memoria original. Su autora había comprendido completamente casi todas las cuestiones difíciles y abstractas conectadas con el tema.
>
> Tomadas juntas, estas notas y memoria proporcionan a aquéllos que son capaces de comprender el razonamiento una demostración completa de: *que todo el desarrollo y las operaciones de análisis pueden ser ahora ejecutadas con máquinas*.

El trabajo de Ada Lovelace fue duro, y mientras se dedicó a él intercambió cartas casi diariamente con Babbage. (Es interesante señalar que el correo llegaba entonces a Londres seis veces al día, lo que facilitaba la comunicación entre ambos. Cuando Ada estaba en

Londres, y aprovechando que su casa distaba apenas un kilómetro y medio de la de Babbage, las cartas las llevaba un criado.) «He estado trabajando incesantemente —escribía en una de esas cartas—, & con mucho éxito, todo el día. Admirará usted enormemente la Tabla & Diagrama. Se han preparado con extremo cuidado, & todos los índices han sido muy minuciosamente & escrupulosamente estudiados.» Y añadía que su esposo, William (o «lord L.» como se refería a él), «está en este momento amablemente pasando todo a tinta para mí. Yo tuve que hacerlo con lápiz».

A finales de julio de 1843 había terminado casi de escribir todas sus notas. Estaba muy orgullosa de su trabajo y Babbage le dio la enhorabuena, pero también quería añadir un prefacio anónimo, que escribiría él, en el que explicaría que el Gobierno británico no había apoyado el proyecto. A Ada esto le parecía una mala idea. Babbage insistió, sugiriendo incluso que sin ese prefacio la publicación no podía realizarse. Ada se enfureció y así se lo dijo a Babbage. Finalmente, la traducción se publicó sin el prefacio, firmada «AAL» (Ada Augusta Lovelace), seguida por sus notas.

El 14 de agosto de 1843, en una carta de dieciséis páginas, Ada Lovelace informaba a Babbage de cómo había quedado todo:

> Querido Babbage:
>
> Hace días que quiero escribirle, pero he estado muy ocupada con la imprenta. Felizmente, eso ya ha terminado. He intentado afinarlo todo al máximo, y en general estoy satisfecha, *dentro de lo posible*: me parece que, teniendo en cuenta las ideas de las que he partido, y que determinan el contenido y la organización de las *Notas*, éstas son bastante exhaustivas y hasta valiosas. *Ahora*

podría hacerlo *mucho mejor*, aunque basándome en unos *principios* totalmente distintos.

Tendría, sí, que haberle escrito antes. La nota que me adjuntó y que recibí el lunes con mis papeles exige una respuesta larga. Su autor es un viejo amigo al que aprecio mucho, y *cuyo genio admiro profundamente y quiero que los demás le reconozcan como se merece*.

De no ser por este deseo (que lord L. y yo sentimos más vivamente de lo que usted imagina) y nuestra vieja amistad, diría que *cuanto menos caso haga de esa nota, mejor*; y la olvidaría con una sonrisa displicente. Su *tono* me deja perpleja. Como siempre he sido una «función explícita de *x*», le hablaré con claridad. El estilo *implícito*, tan pronunciado en esa nota, se lo dejo a *usted*: siga expresándose así si quiere.

Sé que no será lo bastante *explícito* para decir lo que siente de veras, así que se lo diré yo. A usted, querido Babbage, le parece que habría que añadir mi actitud a la lista de agravios, decepciones y malentendidos que ha sufrido a lo largo de una vida nada cómoda ni venturosa. Está muy dolido conmigo, y apenas se consuela con frases como «Bueno, en realidad no era consciente o no pretendía herirme»…

Quiero pasar a una cuestión práctica que concierne al futuro. A lord Lovelace y a mí nos preocupan mucho sus asuntos. Los discutimos sin embozo. El caso es que tengo ciertos planes que no me parece oportuno comunicarle de momento. De su respuesta depende que los lleve a cabo o que invierta, por el contrario, mi pluma y mi tiempo en algún otro departamento de la ciencia y de la verdad. Le ruego que considere detenida y profundamente la cuestión y vea hasta qué punto puede o no suscribir mis condiciones. No la rechace sin pensarlo bien antes. Le digo todo esto *por su bien*, créame.

Tengo muchas posibilidades de desarrollar y ejercitar mi talento científico y literario, algunas muy tentadoras. Espero, sin embargo, que mi viejo amigo me *disuada* de seguir este camino.

Primero: en el caso de seguir trabajando en nuestro gran proyecto, quiero saber si aceptaría someterse enteramente a mi criterio (o al de quienquiera que designe usted como árbitro para resolver nuestras diferencias) en *todos* los asuntos *prácticos*, esto es, *a la hora de tratar con otra u otras personas*.

Segundo: ¿estaría usted dispuesto a dedicarse *de lleno*, como un asunto de primer orden que nada debe obstaculizar, a los problemas científicos o intelectuales que de vez en cuando sometería a su *revisión y asistencia* intelectual? ¿Promete no precipitarse ni ofender a nadie ni perder ningún documento? ¿Tendrá cuidado en evitar errores y confusiones en sus escritos?

Tercero: si dentro de un año o dos le expongo un plan claro y realista para *construir la máquina* (y que contaría con la aprobación de quienes elija usted *ahora* como colaboradores), ¿me permitiría a mí y a sus otros amigos ocuparnos de todo menos de los aspectos técnicos, a los que usted se dedicaría por completo?

Esta última propuesta le sorprenderá. Le ruego, sin embargo, que no la desdeñe: no es una quimera, créame. Usted desconoce todavía los motivos por los que la creo factible. Antes de aplicarme a la tarea, quiero asegurarme de que no voy a desperdiciar mi energía ni mis ideas. [...]

Mi propio principio, que no admite compromisos, es esforzarme por amar la *verdad* y *Dios antes que la fama* y la *gloria*, en *su justa apreciación*, y creer generosa e inquebrantablemente en la bondad de la naturaleza humana (no importa lo dormida y latente que ésta pueda estar).

Usted ama la verdad y a Dios, sí, profunda y constantemente, pero *aún más la fama, la gloria y los honores*. Lo negará, naturalmente; pero, en su trato con *todas* las personas (y por lo que he observado), le guía *ante todo* esta pasión. Me limito a decirle lo que pienso. No le *reprocho* que sea así: puede, incluso, parecerme *admirable*. Pero ésa es otra cuestión.

¿Por qué no viene el lunes a pasar unos días con nosotros? Espero que acepte. Lord L. tiene muchas ganas de hablar con usted. Le disgustó mucho tener que marcharse el martes antes de conocer su opinión sobre los últimos acontecimientos.

Necesito, por desgracia, su estudio sobre el *cálculo de funciones*: ¿sería tan *amable* de hacérmelo llegar? No entiendo los *ejemplos*.

Me he atrevido a insertar una pequeña nota a pie de página en cierto pasaje de la nota G; estoy segura de que está *justificada*. Ahí explico que la máquina analítica está extraordinariamente bien concebida para *el cálculo de diferencias finitas*. También menciono *el cálculo de los números de Bernoulli* como excelente ejemplo de las operaciones que puede hacer la máquina. Espero no haberme equivocado. No las tenga en cuenta.

No sé si querrá o no seguir contando con los servicios del hada.

Le saluda afectuosamente,

A. A. L.

La publicación llevó el siguiente título: «Sketch of the Analytical Engine Invented by Charles Babbage, by L. F. Menabrea of Turin, Officer of the Military

Engineers», y se publicó en *Scientific Memoirs Selected from the Transactions of Foreign Academies of Science and Learned Societies 3* (1843, pp. 666-731).

Ada Augusta Lovelace poseía, no hay duda de ello, una mente capaz de abordar empresas científicas tan exigentes como la de las máquinas de calcular de Babbage. Sin embargo, su elevada situación social, junto al hecho de ser mujer, no ayudó en absoluto a que se dedicara plenamente a la ciencia. Tenía, además, una idea de lo que es la ciencia muy apropiada para su tiempo, pero que contrasta con la modernidad de las ideas que introdujo para que se pudiesen utilizar en las máquinas de Babbage. Así lo muestra una carta que escribió en torno al 16 de noviembre de 1844 al inventor británico Andrew Crosse, interesado especialmente en las aplicaciones prácticas de la electricidad y el magnetismo:

> Querido señor Crosse:
>
> Gracias por vuestra amable y cordial carta. […] En consecuencia, el lunes 18 le esperamos, y el miércoles 20 iremos todos a Broomfield. Quizá haya notado usted ya, por el tono de mi carta, que soy más que nunca la novia de la ciencia. Para mí la religión es ciencia y la ciencia es religión. En esta verdad, que siento en lo más hondo, yace el secreto de mi intensa devoción por la lectura de las obras naturales de Dios. […] Y cuando contemplo a los científicos y a los susodichos filósofos llenos de sentimientos egoístas y con una tendencia a luchar contra las circunstancias y la Providencia, me digo a mí misma: no son los sacerdotes verdaderos sino profetas a medias, por no decir absolutamente falsos. Se han limitado a leer la gran página con el ojo material, pero sin nada del espíritu anterior. Lo intelectual, lo moral, lo religioso; todo parece estar naturalmente vinculado e interrelacionado, formando una única totalidad grande y armoniosa. […] Que Dios es uno, y que todas las obras y los sentimientos a lo que Él ha dado vida son UNO, es una verdad (también una verdad bíblica y escritural) que en mi opinión la mayor parte de la gente no ha comprendido en todo su

significado, con su auténtica profundidad inconmensurable. Hay demasiada tendencia a hacer atados separados e independientes con los hechos del universo, por un lado físicos, por el otro morales. En cambio, todas las cosas están naturalmente asociadas e interrelacionadas. Podría escribir un volumen entero sobre esa cuestión.

Babbage reconoció los méritos y la capacidad de Ada Lovelace, y la introdujo en un amplio círculo de científicos que estimularon su interés por diversas ramas de la ciencia, lo que hizo que terminara alejándose de las máquinas de calcular. Por otra parte, su propio estatus social y las oportunidades que éste le ofrecía colaboraron en que se fuera alejando de la ciencia. Una de sus pasiones fueron los caballos… y las apuestas, peligrosa actividad en la que se vio animada por el hijo mayor del citado Andrew Crosse, John, un apostador de oscura vida (se convirtió en el amante de Ada, a quien le ocultó que tenía una familia). En 1851 acumulaba deudas por valor de 3.200 libras esterlinas, deuda que no confesó a su esposo. Su madre, lady Byron, pagó algunas, pero no todas, lo que la llevó a empeñar los diamantes de la familia, que lady Byron rescató por 900 libras; posteriormente, volvió a empeñarlos y su madre a rescatarlos.

Y todavía fue peor porque en 1850 se le detectó un cáncer de matriz, que terminaría llevándola a la tumba. Próximo su final, el 12 de agosto de 1852 escribía a Babbage:

Querido Babbage:

En caso de mi muerte antes de que complete un testamento, le escribo esta carta para suplicarle que, *como mi albacea*, atienda a las siguientes instrucciones:

En primer lugar, que se adjudique a mi madre la cantidad de

600 libras, para que se utilicen como en otro momento le señalé.

En segundo lugar, irá a mis banqueros, los Sres. Drummond, y obtendrá de ellos mi cuenta y saldo a mi favor (si lo hay) y también todos mis VIEJOS BORRADORES.

En tercer lugar, dispondrá de todos mis papeles y propiedades que deposité con usted y hará lo que estime oportuno *después de un completo examen*.

Añadirá cualquier *saldo a mi favor* con mis banqueros a las 600 libras antes mencionadas para ser empleadas de la misma manera señalada.

Confiando plenamente en su fiel actuación sobre lo anterior, soy

Muy sincera y afectuosamente suya,

AUGUSTA ADA LOVELACE

Se trataba, no obstante, de un documento sin valor legal y Babbage le imploró que hiciera un testamento legal.

KURT GÖDEL Y LOS LÍMITES DE LA MATEMÁTICA*

Hay resultados científicos que conmueven los cimientos de una disciplina, incluso tal vez de la visión del mundo mayoritariamente aceptada antes de ellos. La teoría de la evolución que Charles Darwin dio a conocer en su libro *El origen de las especies* (1859), los artículos que Albert Einstein publicó en 1905 y en 1915 —el primero conocido como el de la teoría de la relatividad especial y el segundo, de la relatividad general— o el de James Watson y Francis Crick (1953) en el que explicaban la estructura de la molécula de la herencia, el ADN, constituyen buenos ejemplos. Otro es un artículo que publicó en 1931 Kurt Gödel (1906-1978), un lógico natural de Brünn, entonces parte del Imperio austrohúngaro (en la actualidad pertenece a la República Checa). Este artículo conmocionó tanto a la matemática como a la filosofía y arruinó las esperanzas de hacer de la matemática una disciplina segura, reducible a pilares tan «básicos» como los que proporciona la aritmética. Pero para entender el origen de la aportación de Gödel es preciso referirse antes a otra de las grandes luminarias de la matemática de finales del siglo XIX y primeras décadas del XX: David Hilbert.

David Hilbert y los fundamentos de la matemática

Lo que Gödel hacía en su artículo de 1931 era dar una respuesta negativa a cuestiones que Hilbert había planteado a comienzos del siglo XX, comenzando con las de la célebre conferencia «Problemas futuros de la matemática», que pronunció en el Segundo Congreso Internacional de Matemáticos (París, 6-8 de agosto de 1900). Entre los 23 problemas que en ella planteó, el segundo tenía el siguiente enunciado: «*La*

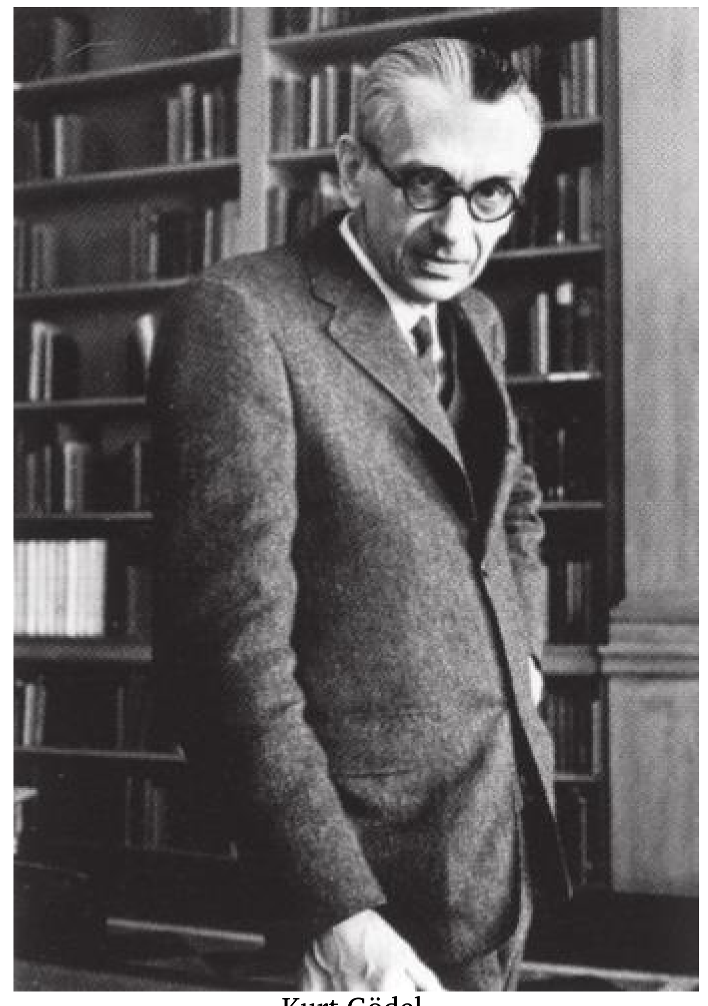
compatibilidad de los axiomas de la aritmética: Demostrar que los axiomas no son contradictorios; es decir, demostrar que basándose en los axiomas no se podrá llegar jamás a resultados contradictorios mediante un número finito de deducciones lógicas».

En 1928, Hilbert volvió al tema que había planteado en 1900. Lo hizo durante otro Congreso Internacional de Matemáticos, el octavo, celebrado en Bolonia (fue entonces cuando los matemáticos alemanes decidieron volver a participar en aquellos congresos, a los que no habían asistido desde la Primera Guerra Mundial). Allí pronunció una conferencia, «Problemas de la lógica matemática», en la que trató del denominado *Entscheidungsproblem*, o «Problema de la decisión»: «Demostrar si existe un algoritmo para decidir si una proposición matemática es una consecuencia lógica de otras».

El enfoque de Hilbert se englobaba en lo que se denomina «programa formalista», que exigía la formalización de la matemática clásica. Para lograr esto, Hilbert tenía, en primer lugar, que reemplazar los conceptos matemáticos por signos gráficos, las ideas por hileras de signos, los razonamientos por meras manipulaciones combinatorias de esas hileras y las demostraciones por deducciones formales conforme a reglas lógicas «mecánicas». Una vez hecho esto, había que demostrar la consistencia de esos sistemas formales. Esto era lo que había realizado con la geometría en su libro *Grundlagen der Geometrie* (*Fundamentos de la geometría*, 1899).

El espíritu que animaba a Hilbert, al igual que a casi todos los matemáticos de su tiempo (y de los precedentes), se resume bien en un pasaje de su conferencia de 1900 en París, cuya esencia repitió en

otras ocasiones: «La convicción de la posibilidad de resolver todo problema matemático representa para nosotros un estímulo precioso durante el trabajo. Oímos siempre resonar en nosotros el siguiente llamamiento: *Aquí está el problema, busquemos la solución. Tú puedes encontrarla mediante el razonamiento puro. Jamás, en efecto, el matemático se verá reducido a decir: "Ignorabimus"*». En matemáticas, sostenía Hilbert, no existe *ignorabimus*; siempre será posible contestar a preguntas con sentido. Reaccionaba así a la expresión latina, *Ignoramus et ignorabimus* («desconocemos y desconoceremos»), que había utilizado el fisiólogo alemán Emil du Bois-Reymond en su libro *Über die Grenzen des Naturerkennens* (*Sobre los límites de nuestra comprensión de la naturaleza*, 1872).



Kurt Gödel.

Kurt Gödel

Nuestra mente es objetiva y la matemática, es cierto, constituye uno de los más firmes reductos de la racionalidad. Sin embargo, Hilbert no esperaba que se pudiese llegar a conclusiones como la que obtuvo Kurt Gödel sólo tres años después de su conferencia en Bolonia: que en matemáticas sí existen *ignorabimus*, esto es, proposiciones que son indecidibles, cuya verdad o falsedad no es posible demostrar; más específicamente, que los sistemas formales aritméticos, de carácter muy general —fueron establecidos por

Peano, Alfred North Whitehead y Bertrand Russell en su seminal pero fallido *Principia Mathematica* (1910, 1912, 1913)—, o en la teoría axiomática de conjuntos y varios sistemas formales son incompletos aunque consistentes.

Estrictamente, el artículo de Gödel contiene dos resultados: «primer y segundo teorema de incompletitud». El primero afirma que «cualquier teoría matemática recursiva que sea consistente es incompleta», entendiendo que un sistema formal, A, es *completo* «si y sólo si para cualquier sentencia, ψ, de su sistema formal sucede que ψ es deducible en A o que no-ψ es deducible en A», y que es *incompleto* «si y sólo si existe alguna sentencia, ψ, tal que ni ψ ni no-ψ son deducibles en A». El segundo teorema afirma que es imposible demostrar la consistencia de un sistema formal (que satisfaga condiciones mínimas) utilizando todos los recursos y razonamientos incorporados en el sistema, o, lo que es lo mismo, que es imposible demostrar la consistencia de un sistema formal dentro del propio sistema.

El 12 de octubre de 1931, Gödel envió una carta larga y bastante técnica a otro de los gigantes de la lógica matemática de aquella época, Ernst Zermelo (1871-1953), en respuesta a otra suya del 21 de septiembre (ambos se habían conocido —fue la única vez que coincidieron— aquel mismo septiembre durante la reunión anual de la Sociedad Matemática alemana, Deutsche Mathematiker-Vereinigung). En ella aparecen unos pasajes en los que aquél resumía cómo veía su contribución:

> Me gustaría todavía señalar que yo veo el punto esencial de mi resultado no en que alguien pueda de alguna manera abandonar cualquier sistema formal (esto se sigue ya del procedimiento diagonal), sino que para todo sistema formal de metamatemática

existen proposiciones que se *pueden expresar* dentro del sistema, pero que *no se pueden decidir* a partir de los axiomas de ese sistema, y que esas proposiciones son incluso de un tipo relativamente simple, a saber, pertenecientes a la teoría de los números enteros positivos. Que uno *no* pueda capturar toda la matemática en un sistema formal ya se sigue del procedimiento diagonal de Cantor, pero, sin embargo, continúa siendo concebible que uno pueda al menos formalizar completamente ciertos subsistemas (en el sentido sintáctico). Mi prueba demuestra que también es imposible si el subsistema contiene al menos los conceptos de adición y multiplicación de números enteros. (Por formalización debe entenderse: capacidad de retrotraerse a un número finito de axiomas y reglas de inferencia.) Sin duda, las relativamente indecidibles proposiciones son siempre decidibles en sistemas superiores, a los que también aludí expresamente en mi artículo (p. 191, nota a pie de página [48], pero incluso en esos sistemas superiores permanecen proposiciones indecidibles del mismo tipo, y así *ad infinitem*.

John von Neumann y Gödel

El artículo de Gödel se publicó en 1931 en la revista *Monatshefte für Mathematik und Physik* bajo el título «Über formal unentscheidbare de *Principia Mathematica* und verwandter System» («Sobre sentencias formalmente indecidibles de *Principia Mathematica* y sistemas afines»), pero antes Gödel ya había avanzado su contenido. Lo hizo durante la Segunda Conferencia sobre Epistemología de las Ciencias Exactas que se celebró en Königsberg (ahora Kaliningrado, perteneciente a Rusia) del 5 al 7 de septiembre de 1930. Entre los asistentes a aquella reunión se hallaba un polivalente matemático húngaro, John von Neumann, cuyo nombre figura, destacado, en los libros de historia de la matemática, física (mecánica cuántica), computadoras, neurociencias y economía (volveré a él en el siguiente capítulo). El primer día de la reunión, Rudolf Carnap (1891-1970), miembro del célebre Círculo de Viena y uno de los filósofos más destacados del positivismo

lógico (en 1935 emigró a Estados Unidos), y Arend Heyting, matemático partidario de la lógica intuicionista encabezada por Luitzen Brouwer, abordaron las posiciones logicistas e intuicionistas, respectivamente. Von Neumann, por su parte, habló sobre el programa formalista de Hilbert, que exigía la formalización de la matemática clásica.

El último día de la reunión habló Gödel y presentó parte de los resultados que le harían famoso (estrictamente, una versión del primer teorema de incompletitud). Es muy probable que de todos los allí presentes sólo Von Neumann entendiera su profundo significado; de hecho, el 20 de noviembre le escribía a Gödel:

> Querido Sr. Gödel:
>
> Recientemente he estado ocupándome de nuevo de la lógica, utilizando métodos que usted ha empleado con tanto éxito para mostrar propiedades indecidibles. Al hacer esto, he obtenido un resultado que me parece notable. A saber, he sido capaz de probar que no se puede probar la consistencia de las matemáticas.

A continuación, le explicaba lo que había hecho, para pasar después a decirle que:

> Estaría *muy* interesado en conocer su opinión sobre esto. […] ¿Cuándo aparecerá su artículo, y cuándo estarán disponibles las pruebas de imprenta? Esto tiene también un interés técnico para mí, ya que querría seguirle lo más cerca posible, tanto en sustancia como en notación, y por otra parte me gustaría publicar [un artículo sobre estas cuestiones] tan pronto como fuese posible.

Sabemos que Gödel le respondió, pero su carta no se conserva, aunque todo indica que en ella comentaba que había demostrado el segundo teorema de incompletitud. Sí se conserva lo que Von Neumann respondió, el 29 de noviembre, a esa carta perdida; en ella decía:

> Muchas gracias por su separata [se debe referir al artículo que Gödel publicó en 1930 en el volumen 67 de *Anzeiger der Akademie der Wissenschaften in Wien*, «Einige metamathematische Resultate

> über Entscheidungsdefinitheit und Widerspruchsfreiheit»]. Como usted ha establecido el teorema de la indemostrabilidad de la consistencia como una continuación natural y profundización de sus anteriores resultados, está claro que yo no publicaré sobre este asunto. […]
>
> Por consiguiente, creo que su resultado ha resuelto negativamente la cuestión fundamental: no existe justificación lógica para la matemática clásica. Qué sentido debemos atribuir a nuestra esperanza, según la cual es *de facto* consistente, es algo que no sé, pero en mi opinión esto no cambia el hecho completado.
>
> Estoy deseando con gran interés recibir sus pruebas de imprenta.

Por lo que decía en esta carta, parece que Von Neumann también había logrado demostrar el segundo teorema de incompletitud, lo que da idea de su estatura como matemático puro. Lo que está claro es que los resultados obtenidos por Gödel le impresionaron; unos meses después, el 7 de junio de 1931, le escribía a Rudolf Carnap:

> He sabido de Gödel (¿al que usted tal vez también conoce?) y de sus resultados en Königsberg, y después mediante correspondencia. Estos teoremas (que desde entonces ya se han publicado) demuestran que ciertas afirmaciones lógicas y matemáticas, tales como, por ejemplo, la consistencia del análisis, no se pueden demostrar en ciertos sistemas formales lógicos […]. Por consiguiente, hoy mi opinión es que:
>
> (1) Gödel ha demostrado que el programa de Hilbert es irrealizable.
>
> (2) No existen más razones para rechazar el intuicionismo (si uno no toma en cuenta el tema estático, que en la práctica para mí también será el factor decisivo).

En 1931, parece que Von Neumann respetaba a Carnap lo suficiente como para mantener alguna correspondencia con él sobre el importante asunto de los resultados de Gödel. Si era así, en 1939 la situación había cambiado, como demuestra el contenido de una carta que escribió el 18 de julio de aquel año al físico húngaro Rudolf Ortvay (fue catedrático de Física Teórica en la Universidad

Pazmany Peter de Budapest), un amigo de la familia de Von Neumann:

> Yo también pienso que los resultados de Gödel significan que no existe un sistema axiomático «completo», ni siquiera en matemáticas, y creo que actualmente no hay ninguna otra interpretación consistente de esta compleja cuestión. Desde el punto de vista de la discusión y evaluación de lo verdaderamente matemático, esto es, de las cuestiones lógicomatemáticas que hay que discutir y evaluar, considero que las cosas de Carnap son naifs y débiles. Sencillamente, Carnap no posee el conocimiento mínimamente necesario para considerar estos asuntos, menos aún para decir algo nuevo. Así, por ejemplo, expresa con un aire de terrible autoimportancia puntos de vista totalmente naifs y simplistas sobre la cuestión de la «completitud» de la axiomática de la matemática («categoricidad»). Si las cosas fuesen tan sencillas como él imagina, entonces no se necesitaría la «investigación en los fundamentos de la matemática» («*Grundlagenforschung*»), ¡al menos desde el punto de vista de la matemática! ¿Piensa que Carnap tiene algo nuevo o científicamente interesante que decir sobre la estructura de los lenguajes, o, más generalmente, que lo que hace acaso pueda ser considerado como una preparación del terreno para trabajos posteriores más serios? Yo soy totalmente incapaz de juzgar si Carnap merece algún crédito para que su influyente «escuela» de filósofos pueda abordar con seriedad cuestiones filosóficas en las ciencias naturales y exactas. Obviamente, muchos aquí piensan que la respuesta es «sí». De cualquier manera, es una pena que tengamos que informarnos sobre un asunto muy sólido por una fuente tan confusa. *N. b*. Me entristece especialmente que mientras que el nombre de Gödel está constantemente en los labios de Carnap, es obvio que él no comprende en absoluto el significado real de los resultados de Gödel.

Gödel a Constance Reid sobre el programa de Hilbert

Aunque los resultados de Gödel de 1931 demostraban que, frente a lo que sostuvo Hilbert, en la matemática existen *ignorabimus*, esto no quiere decir que el fondo del empeño de éste, su programa sobre los fundamentos de las matemáticas, quedara destruido. Al menos esto opinaba el propio Gödel, como explicó en una carta que envió el 22 de marzo de 1966 a Constance Reid (1918-2010), conocida sobre todo por

sus biografías de Hilbert, Richard Courant, Jerzy Neyman, Eric Temple Bell y su hermana, la matemática Julia B. Robinson. Reid había escrito a Gödel el 1 de septiembre de 1965 mientras preparaba la biografía de Hilbert, preguntándole si había conocido personalmente a éste y mantenido alguna conversación con él relativa a su trabajo. En su contestación, Gödel explicaba que «nunca había coincidido con Hilbert, ni mantenido correspondencia con él», y añadía:

> Me gustaría llamar su atención sobre un punto frecuentemente desdeñado, a saber, el hecho de que el esquema de Hilbert para los fundamentos de las matemáticas continúa siendo muy interesante e importante, a pesar de mis resultados negativos.
>
> Lo que se ha demostrado es únicamente que el objetivo *específicamente epistemológico* que Hilbert tenía en mente no se puede obtener. Este objetivo era demostrar la consistencia de los axiomas de la matemática clásica con base en evidencia tan concreta e inmediatamente convincente como la aritmética elemental.
>
> Sin embargo, contemplando la situación desde un punto de vista puramente *matemático*, pruebas de consistencia con base en presuposiciones metamatemáticas más fuertes adecuadamente escogidas (como han sido dadas por Gentzen y otros) son igualmente interesantes, y conducen a perspectivas muy importantes sobre la demostración de la estructura teórica de la matemática. Más aún, permanece abierta la cuestión de si, y en qué medida, es posible, con base en el enfoque formalista, demostrar «constructivamente» la consistencia de la matemática clásica, esto es, reemplazar sus axiomas sobre entidades abstractas de un ámbito platónico objetivo por ideas relativas a las operaciones dadas de nuestra mente.
>
> En lo que se refiere a mis resultados negativos, aparte de las consecuencias filosóficas mencionadas antes, yo vería su importancia sobre todo en el hecho de que en muchos casos hacen imposible juzgar, o imaginar, si se puede llevar adelante alguna parte específica del programa de Hilbert con base en presuposiciones metamatemáticas dadas.
>
> Pienso que, en alguna ocasión adecuada, publicaré esto, o alguna descripción similar sobre la relación entre mi trabajo y el programa de Hilbert.

Como nunca llegó a cumplir con semejante intención, su carta a Constance Reid constituye un documento particularmente valioso.

Repercusión del teorema de Gödel

Con independencia de que el teorema de Gödel sea uno de los más importantes de la historia de la ciencia, cuyas implicaciones trascienden de la matemática y afectan profundamente a la filosofía y la teoría del conocimiento, sus consecuencias prácticas para la investigación matemática no fueron lo devastadoras que se puede imaginar, dado su desmoralizador fondo. Von Neumann recalcó este hecho en un artículo de carácter general titulado «The mathematician» («El matemático»):

> Al desaparecer [debido a los resultados de Gödel] la principal esperanza de una justificación de la matemática clásica —en el sentido de Hilbert o de Brouwer y Weyl—, la mayor parte de los matemáticos decidieron utilizar de todas maneras ese sistema [el «clásico»]. Después de todo, la matemática clásica estaba produciendo resultados que eran tanto elegantes como útiles, e incluso aunque uno no pudiese estar completamente seguro de su certidumbre, se apoyaba en una base tan razonable al menos como, por ejemplo, la existencia del electrón. En consecuencia, si se está dispuesto a aceptar las ciencias, se debe aceptar también el sistema clásico de matemáticas. Este punto de vista fue aceptado incluso para algunos de los protagonistas más originales del sistema intuicionista. En la actualidad, la controversia sobre los «fundamentos» no está ciertamente cerrada, pero parece muy improbable que el sistema clásico se abandone salvo por una pequeña minoría.

Otro ilustre matemático, Paul Halmos (1916-2006), insistió en este importante punto en su autobiografía:

> Con respecto a los espectaculares teoremas —Gödel y Cohen—, los admiramos, pero no han cambiado nuestro trabajo, nuestra filosofía, nuestra vida. Si alguien lograse demostrar que la hipótesis de Riemann es indecidible, nos chocaría, como nos chocó cuando se demostró que el postulado de las paralelas era indecidible, pero nos recuperaríamos. Probablemente

proseguiríamos y descubriríamos y estudiaríamos las teorías de los números no riemanianos y viviríamos felices para siempre después.

47
JOHN VON NEUMANN, EL CIENTÍFICO TOTAL*

En el capítulo precedente ha aparecido John von Neumann (1903-1957) y merece la pena decir algo más de él, pues fue una mente absolutamente extraordinaria. Sus contribuciones abarcaron muy diversos campos: en matemática básica, lógica matemática y axiomática de la teoría de conjuntos, teoría de la medida y de variables reales, fundamentos de la mecánica cuántica —asunto al que dedicó un libro esencial, *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik* (*Fundamentos matemáticos de la mecánica cuántica*, 1932)—; y en matemática aplicada, ondas de choque, hidrodinámica, aerodinámica, astrofísica relativista, balística, difusión de neutrones, meteorología y dos nuevos aspectos de la aplicación de la matemática al mundo real, la teoría de juegos —su libro *Theory of Games and Economic Behavior* (*Teoría de juegos y comportamiento económico*, 1944), en colaboración con el economista Oskar Morgenstern, es un clásico— y también computadoras, así como analogías existentes entre éstas y el cerebro humano. En el umbral de la muerte, le dedicó a este tema sus últimos esfuerzos; fue en las conferencias Silliman de la Universidad de Yale, que no pudo llegar a pronunciar, aunque sí dejó preparado su manuscrito, publicado después de su fallecimiento con el título de *The Computer and the Brain* (*El ordenador y el cerebro*, 1958). También fue póstumo otro libro, *Theory of Self-Reproducing Automata* (*Teoría de los autómatas autorreproductores*, 1966), en el que intentaba utilizar el conocimiento del sistema nervioso humano para

elaborar una teoría cibernética general que produjese una tecnología de computadoras cada vez más potente.

No sorprende que un científico de este tipo participase en programas militares en la patria que terminó adoptando, Estados Unidos, máxime cuando había nacido en Hungría en el seno de una familia acomodada y experimentó las convulsiones sociales y políticas que surgieron allí después de la Primera Guerra Mundial, que dio lugar a una breve república comunista en 1919. Durante la Segunda Guerra Mundial, se relacionó con un buen número de centros militares de investigación: miembro del National Defense Research Committee (1941), asesor del Navy Bureau of Ordnance, Washington D. C. (1942-1955) y activo participante en el Proyecto Manhattan en Los Álamos (1943-1945). Y en 1954 el presidente Eisenhower lo designó miembro de la entonces todopoderosa en asuntos nucleares Atomic Energy Commission (Comisión de Energía Atómica), un puesto que permitía el acceso a materiales clasificados. Prestó juramento para el cargo el 15 de marzo de 1955; su nombramiento terminaba en junio de 1959, pero la muerte le impidió completar el ciclo, aunque, como veremos, parece que no pensaba hacerlo.



John von Neumann y Robert Oppenheimer delante de la computadora MANIAC.
© *Science Source/New York Public Library/Album*

Para mostrar su polivalencia, que le permitía transitar entre muy diversas disciplinas científicas, técnicas, teóricas y experimentales, y su perspicacia al vislumbrar un futuro en el que las computadoras desempeñarían un papel fundamental, he seleccionado

una carta que Von Neumann dirigió a Lewis L. Strauss el 20 de octubre de 1945, poco después del final de la Segunda Guerra Mundial. Strauss fue un influyente hombre de negocios que participó en la guerra vinculado a la Marina. Tras la creación en 1947 de la Atomic Energy Comission por el Gobierno estadounidense, fue nombrado uno de los cinco comisionados que la dirigían, y en julio de 1953, el presidente Eisenhower lo designó presidente. Desde este puesto favoreció el desarrollo del armamento nuclear, incluidas las bombas de hidrógeno (fue uno de los que apoyaron que Robert Oppenheimer dejase de tener acceso a materiales clasificados):

> Comodoro Luis L. Strauss
> Oficina de la Secretaría de la Marina
> Despacho 2032
> Departamento de Marina
> Avenida de la Constitución
> Washington D. C.
>
> Estimado comodoro Strauss:
>
> Durante nuestra conversación del martes, 16 de octubre, en el Departamento de Marina, y del 18 de octubre en la casa del Dr. Aydelotte, usted expresó el deseo de que le diese por escrito un informe más detallado de la materia sobre la que discutimos: la conveniencia de llevar a cabo el proyecto de una computadora de alta velocidad en el Instituto [de Estudio Avanzado de Princeton], como una tarea meramente científica, y el interés que el Gobierno pudiera tener en semejante proyecto.
>
> Como sabe, es posible acelerar actualmente la ejecución automática de las operaciones aritméticas elementales (suma, multiplicación, etc.) en un factor del orden de 10.000 sobre lo que es la práctica ordinaria de hoy en día, y en un factor de 1.000 el del dispositivo en uso más avanzado. Esto se puede hacer mediante métodos electrónicos de cálculo y el empleo de diversas técnicas de televisión y de radar que se han desarrollado a lo largo de los últimos cinco o diez años; y se puede hacer sin necesidad de inventar nada nuevo desde el punto de vista

ingenieril, solamente combinando y «organizando» de manera adecuada los componentes existentes. (Estoy pensando en la muy realista velocidad de multiplicación electrónica de 1 milisegundo para un número de diez dígitos, mientras que en este momento las ejecuciones a las que he hecho referencia más arriba son de entre 1 a 10 segundos para una multiplicación de diez dígitos.)

Máquinas electrónicas con esa velocidad están siendo ahora construidas por diversas agencias gubernamentales, en particular por la División Acústica del Laboratorio de Armamento Naval de la Oficina de Armamento de la Marina y, bajo un contrato de la Academia Moore de Ingeniería de la Universidad de Pensilvania, para el Departamento de Armamento del Ejército. Anticipo sobradamente que estos proyectos llevarán a resultados satisfactorios en unos dos años, y no hay duda de que las máquinas que tienen como objetivo producir serán de extrema utilidad para una amplia variedad de problemas: balísticos, aerodinámicos, hidrodinámicos, y en muchos otros campos de la ingeniería.

No obstante, a mi parecer, sería una política esencialmente incompleta el desarrollar semejantes dispositivos sólo para laboratorios industriales o gubernamentales, que tienen problemas aplicados concretos, y necesaria y relativamente restringidos, a los que tienen que dedicar todo o la mayor parte del tiempo del equipamiento. Al decir «restringidos» puedo ser injusto en el sentido convencional; tanto la Oficina de Armamento como el Departamento de Armamento tienen problemas que abarcan amplias áreas de física matemática y de ingeniería, y disponer de semejantes dispositivos probablemente ampliará aún más el interés de las secciones que tengan acceso a ellos. Con todo, pienso que sus intereses son inevitablemente restringidos, considerando la extremadamente elevada importancia científica de tales dispositivos y su absoluta novedad. Mi punto es que todos los métodos de cálculo existentes, o diciéndolo de manera más amplia de «aproximaciones matemáticas», que se han desarrollado a lo largo de los últimos 150 años están esencialmente condicionados por lo que era factible en ese período, es decir, por las posibles velocidades de cálculo. Estas velocidades variaron considerablemente durante ese período, pero incluso al final, esto es, en el pasado inmediato, el procedimiento más rápido asimilado por los grandes grupos de matemáticos y de calculadores fue la máquina calculadora «de sobremesa», o el multiplicador estándar de IBM, los cuales requieren alrededor de 10 segundos para una multiplicación de diez dígitos. Los dispositivos electrónicos de los que yo estoy hablando multiplican

alrededor de 10.000 veces más rápido y, si se consideran las otras ventajas de una operación totalmente automática con respecto a una operación completamente humana, la aceleración es aún considerablemente más elevada. Los métodos de aproximación y de cálculo desarrollados bajo condiciones que eran 10.000 veces más exigentes en tiempo de lo que ahora seremos capaces de alcanzar, no son ciertamente ni eficientes ni razonables bajo esta nueva circunstancia. Desde este punto de vista es cierto que todos nuestros métodos de cálculo y de aproximación tendrán que ser rediseñados. He estado estudiando estos problemas con considerable detalle técnico, pero ahora no quiero abusar de usted extendiéndome a este respecto; estaría encantado de poder hacerlo en otra ocasión. En cualquier caso, me parece que técnicamente está muy claro que se tendrán que realizar en este campo cambios lógicos y matemáticos muy considerables. Además, mientras que se está realizando un gran esfuerzo para descubrir y estimar estos cambios de forma «teórica», es decir, sin la existencia de semejante máquina, el trabajo principal sólo puede acometerse «experimentalmente», es decir, usando y estudiando una máquina de ese tipo. En otras palabras, estoy convencido de que debe construirse una máquina electrónica del tipo más avanzado que se pueda imaginar, pero no para usarla en problemas aplicados específicos de tipo matemático, físico o ingenieril, sino con el propósito de experimentar con la propia máquina con el fin de desarrollar nuevos métodos y aproximaciones de cálculo, y en general para adquirir formas lógicas y matemáticas de pensamiento que son necesarias para que semejante dispositivo opere de manera realmente eficaz con los métodos que haya alumbrado. No tengo duda alguna de que nos hallamos en el umbral de la aparición de desarrollos muy importantes tanto en la matemática pura como en sus aplicaciones, y que una institución puramente investigadora debería dedicar varios años a construir una máquina y a investigar con ella. Si dedicamos de esta manera varios años a la experimentación con semejante máquina, sin la necesidad de aplicaciones inmediatas, estaríamos mucho mejor en todos los aspectos al final de ese período, aplicaciones incluidas.

El Instituto para Estudio Avanzado ya tiene un contrato con la Oficina de Armamento de la Marina para un estudio teórico de los métodos de cálculo adecuados para las máquinas computadoras de alta velocidad. Este contrato ha sido encabezado por la Oficina y aceptado por el Instituto, porque todos sentimos que esa investigación teórica es una necesidad preliminar para la construcción de computadoras avanzadas de alta velocidad. No

obstante, sólo es un primer paso, y un programa bien integrado debería incluir la planificación y construcción de un dispositivo de alta velocidad para los propósitos experimentales que he esbozado. No creo que sea adecuado pedir a una agencia que ya está construyendo semejante máquina que construya dos, y que ceda una a una institución de investigación con el propósito experimental que he mencionado. Planificar y desarrollar el propio dispositivo es un complemento esencial de la investigación, y un grupo que construye tal dispositivo estará ampliamente mejor cualificado para explorar experimentalmente sus posibilidades que uno que lo obtenga listo para su uso. Existe mucha evidencia en la pasada experiencia de los «laboratorios de cálculo» como para justificar esta afirmación.

Evidentemente debería existir una gran relación entre los diversos proyectos de esta naturaleza, y en particular entre el proyecto que yo estoy proponiendo y los del Laboratorio de Armamento Naval y de la Escuela de Ingeniería Moore. Por las razones que he argumentado no tengo duda de que podríamos arreglar fácilmente y de manera satisfactoria estas cosas. Es también una cuestión de la mayor importancia el tener buenas relaciones con las organizaciones que realizaron en el pasado inmediato los mayores avances en el arte de la televisión y del radar y en el desarrollo de diversos servomecanismos.

Como conclusión, me gustaría mencionar que la importancia de acelerar las matemáticas de cálculo y aproximación en un factor de 10.000 o superior no reside únicamente en que se puedan resolver en 10.000 veces menos tiempo los problemas que uno está resolviendo ahora, o en resolver 100 veces más problemas en 100 veces menos tiempo, sino más bien en que se podrán manejar problemas que son completamente inabordables en la actualidad.

No hace falta que le diga que estaré encantado de estar a su disposición en cualquier momento cuando quiera usted detalles más específicos sobre este tema. Agradeciéndole la atención que está usted prestando a este asunto, quedo

sinceramente suyo,

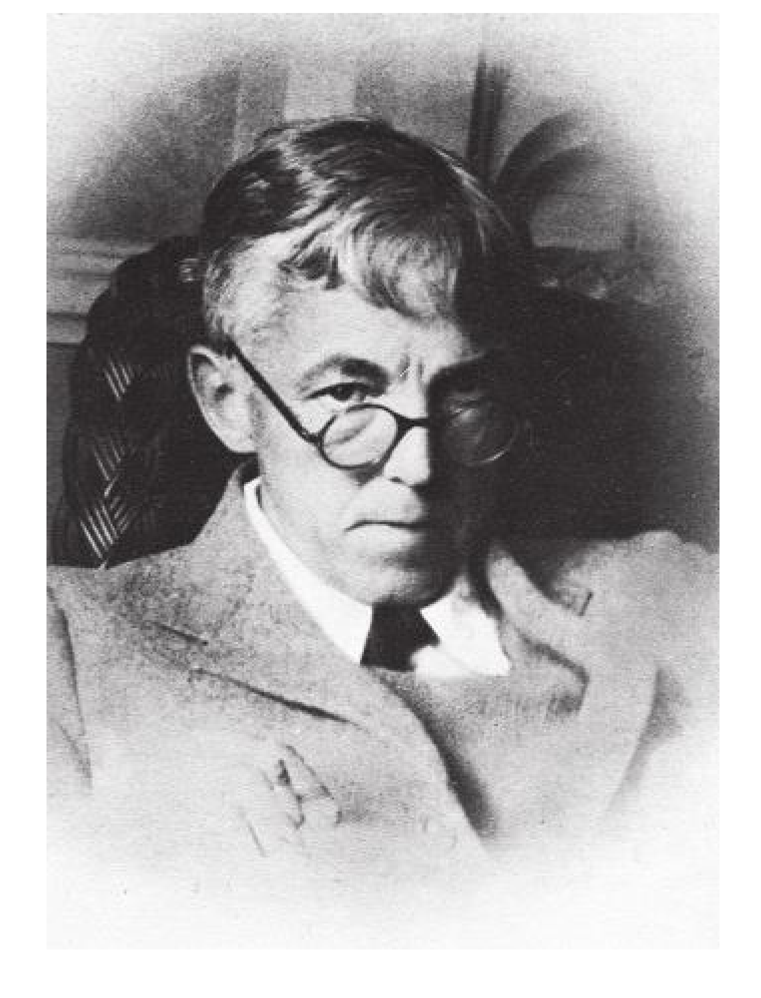
JOHN VON NEUMANN

48
G. H. HARDY Y S. RAMANUJAN*

En todas las ciencias han existido personajes particularmente singulares, individuos con características que les distinguen no sólo del común de los mortales, sino también de otros científicos. Y tal vez sea en la matemática donde se hayan dado más científicos de este tipo. En este capítulo me ocuparé de dos de éstos, el matemático inglés Godfrey Harold Hardy (1877-1947) y el hindú Srinivasa Ramanujan (1887-1920), cuyas biografías, como veremos, se entrelazaron.

Godfrey Harold Hardy dejó un legado perdurable en la ciencia a la que se dedicó, la matemática, pero también lo dejó en otros apartados. Uno de sus legados —a la decencia y el valor— fue su defensa de Bertrand Russell cuando éste se declaró pacifista durante la Primera Guerra Mundial y el Trinity College lo expulsó de su puesto docente, una *lecturership* (equivalente a «profesor titular»), como reacción a la condena de que fue objeto por apoyar a un objetor de conciencia, Ernest F. Everett. El 10 de abril de 1916, un consejo militar sentenció a Everett a dos años de trabajos forzados por negarse a obedecer órdenes militares (Russell fue condenado dos veces: en 1916, a 100 libras de multa y, en 1918, a seis meses de cárcel). Años después, Hardy publicó su defensa en un librito, *Bertrand Russell & Trinity. A college controversy of the last war* [University Press, Cambridge, 1942]. Otro de sus legados fue como profesor, aunque acaso, como suele suceder, no fuese siempre valorado por sus alumnos. Un testimonio en

este sentido procede de Freeman Dyson (1923-2020), quien se inició como matemático muy prometedor, pero terminó dedicándose a la física teórica, disciplina en la que cosechó grandes éxitos; el mayor de ellos fue hacer operativa la formulación de la electrodinámica cuántica elaborada por Richard Feynman. En una carta que escribió a C. P. Snow el 22 de mayo de 1967, Dyson recordó lo que recibió de Hardy como alumno suyo; aprovechaba en aquella misiva para mencionar el prólogo que Snow había preparado para la edición de su libro más famoso de Hardy, el bellísimo y conmovedor *A Mathematician's Apology* (*Apología de un matemático*, 1940):



Godfrey Harold Hardy.
© *SPL History/Age Fotostock*

Querido lord Snow:

Me siento inducido a añadir una posdata a su capítulo sobre Hardy. Éste responde a muchas preguntas que nunca esperé que fueran respondidas, y me trae recuerdos de sucesos que también le concernieron a usted periféricamente.

Yo y mi amigo James Lighthill, con el que usted probablemente haya coincidido en el curso posterior de su distinguida carrera, llegamos al Trinity como estudiantes en 1941. Inmediatamente nos sumergimos en las clases del Tripos III avanzado que daban Hardy y Littlewood. Sabíamos que el tiempo que íbamos a pasar en Cambridge sería breve y no queríamos desperdiciar nada de él. En ese sentido fuimos afortunados, porque apenas había más estudiantes avanzados. Hardy y Littlewood daban clases

alternativamente en una pequeña aula de la School of Arts, con la audiencia sentada alrededor de una mesa. Habitualmente, éramos cuatro en la mesa y nunca más de seis. Además de Lighthill, estaba Aronszajin, entonces con el uniforme del Ejército polaco, y Christine, la futura Mrs. Bondi.

En aquella pequeña habitación nos sentamos a poco más de medio metro de Hardy, tres veces a la semana, durante dos años. Daba las clases como Wanda Landowska [una distinguida clavecinista y pianista polaca] tocaba a Bach, precisa y totalmente lúcido, pero desplegando su apasionado placer a todos los que podían ver bajo la superficie. A mí siempre me maravillaba que un matemático tan grande (le considerábamos el mejor del mundo) emplease tanto de su tiempo y energía en enseñar a una clase tan pequeña. Y cada clase estaba cuidadosamente preparada, como una obra de arte, con el desenlace intelectual que parecía como si fuese espontáneo en los últimos cinco minutos de la hora. Para mí, aquellas clases constituían una alegría que me intoxicaba, y a veces sentía el impulso de abrazar a aquel pequeño hombre que llevaba un suéter blanco de críquet a medio metro de mí, para mostrarle de alguna manera cuán desesperadamente agradecidos le estábamos por su disposición a continuar hablando. Solamente después de leer su capítulo, comencé a comprender por qué puso su corazón y su alma en aquellas clases de la manera en que lo hizo.

Rara vez nos hablaba individualmente. Sus clases estaban llenas de humor, pero tendía a ser seco e impersonal. Una vez, llegó a la clase y comenzó en el tono más solemne: «Tengo algunas graves noticias para aquellos de ustedes que pertenezcan al Trinity». Hizo una pausa mientras nosotros nos preparábamos a escuchar el fallecimiento de algún reverendo dignatario del *college*; entonces continuó: «Habrá de nuevo tripas en la comida». Aquellos eran los días en los que el racionamiento no nos dejaba más alternativa que lo que suministraba el *college*.

Recuerdo solamente una ocasión en que reuní el coraje para ir a visitarle en sus habitaciones. Había encontrado un error en alguna de las ecuaciones de su libro *Ramanujan*. Con gran orgullo e inquietud entré y le pregunté si era posible que se hubiese equivocado. Me miró, dijo como si no le diera importancia: «Oh, sí, está en lo cierto, es un error», y ahí terminó la conversación.

En aquellos días acechaba sobre todos nosotros la sombra de la guerra. Mis opiniones acerca de la guerra eran muy próximas a las suyas, que usted describe en su capítulo, más que a las de usted. Mi biblia ética era *Ends and Means*, de Aldoux Huxley, y podía ver con bastante claridad que incluso los fines más justos

no justificaban los medios que nosotros estábamos empleando. Pero Hardy nunca nos habló de estas cuestiones, y nosotros nunca nos atrevíamos a hablar con él sin que nos lo pidiera. No imaginé que la guerra le preocupase tanto.

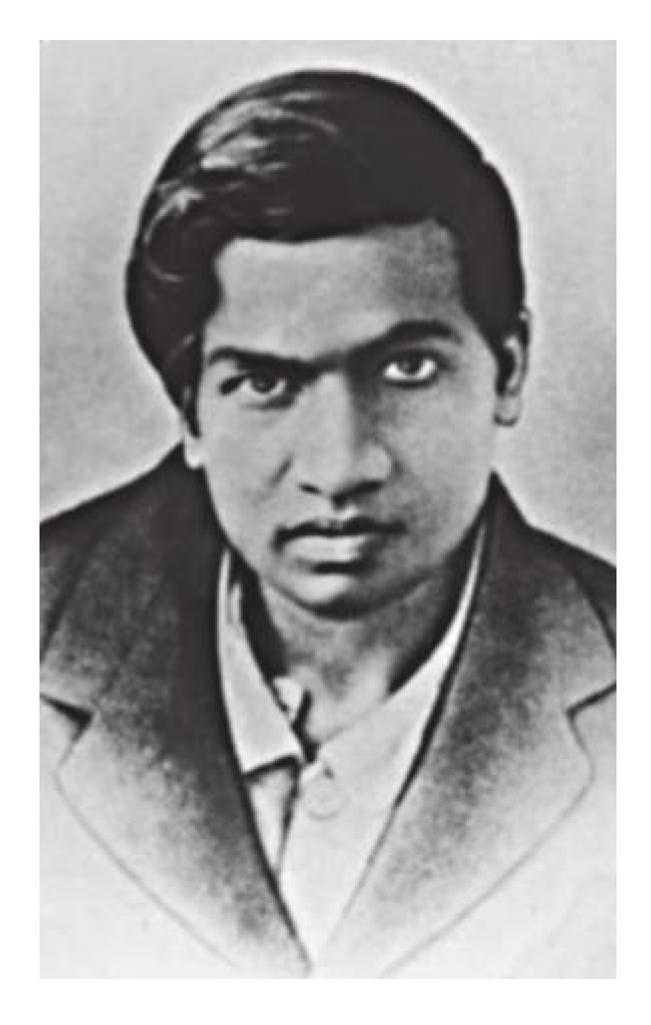
Se entendía que al término de nuestros dos años deberíamos ir al servicio gubernamental. Alguien (no sé si fue Hardy) solicitó a las autoridades que permitiesen a Lighthill y a mí permanecer otro año en Cambridge, para iniciarnos en la investigación matemática. Las autoridades dijeron que dejarían que se quedase uno, pero no los dos. En esos términos, ninguno de los dos podían aceptar tal honor. Y así, en junio de 1943 nos presentamos ante usted para que nos colocase. Usted me habló en términos gloriosos sobre el trabajo que yo debería hacer los dos años siguientes en la Sección de Investigación Operacional, en la sede central de la Comandancia de Bombardeos de la RAF. Yo no le dije nada de mis escrúpulos morales y usted no me habló de su amistad con Hardy.

En septiembre de 1946, volví a Cambridge y comencé una nueva vida como físico. Me sentí ligeramente culpable con respecto a Hardy por haber desertado de la matemática pura y no busqué su compañía. Él era entonces un inválido y estaba deprimido y sin saber qué lugar debía o podía ocupar, y no se me ocurrió que yo podría haber aliviado sus últimos días yendo a verlo ocasionalmente.

Mucho después, leí la *Apología* de Hardy. Me di cuenta de que probablemente le debía gratitud por algo más que por sus dos años de extraordinarias clases.

El Ramanujan mencionado era Srinivasa Ramanujan, el genio matemático auténticamente natural, que era capaz de «ver» complejas relaciones matemáticas sin haberlas demostrado, como se hace en la matemática. El caso de Ramanujan nos enfrenta con uno de los grandes misterios de la matemática, el de si está insertada de alguna manera en el cerebro humano. En el común de los mortales, esta asociación —si es que existe— entre cerebro humano y matemática no se manifiesta, pero en algunos casos sí. El neurólogo y escritor Oliver Sacks presentó uno de esos casos en su libro más conocido, *El hombre que*

confundió a su mujer con un sombrero (1985). Dedicaba uno de los capítulos al caso de unos gemelos, que entonces tenían veintiséis años, que llevaban internados en instituciones desde los siete y eran considerados como autistas, psicóticos o gravemente retardados. Sacks descubrió que poseían habilidades matemáticas extraordinarias y que, una vez identificadas éstas, era posible entrar un poco en su mundo. «No son calculadores —escribió— y su enfoque de los números es "icónico", conjuran extrañas escenas de números, habitan en ellas; vagan libremente por grandes pasajes de números; crean, con dramaturgia, todo un mundo constituido por números.» De forma más específica, Sacks observó que en ocasiones ambos hermanos se sentaban, uno decía una cifra elevada y el otro respondía con otra de similar naturaleza, y así una y otra vez, pero con cifras diferentes. Meditando sobre ello, a Sacks se le ocurrió que tal vez lo que se estaban intercambiando eran números primos, idea que comprobó en la siguiente ocasión con ayuda de un libro que incluía listas de números primos. Sabedor de esto, Sacks se unió a los gemelos cuando éstos volvieron a una de sus «charlas numéricas»; cuando uno citó una cifra, un número primo, Sacks, con la ayuda de su libro, mencionó otro, algo que sorprendió de entrada a los hermanos, pero, una vez superada la sorpresa, se estableció un diálogo a tres. Lo sorprendente, lo misterioso, lo que anima a pensar que la matemática puede estar «engranada» de alguna forma en el cerebro humano, aunque esta característica sólo aflore en casos extraordinarios, es la capacidad de esos gemelos de «ver» —de forma «natural», uno está tentado a decir— cifras con muchos dígitos que eran números primos.



Srinivasa Ramanujan.
© *Science Source/Album*

En mi opinión, es desde este punto de vista como se puede entender la caracterización que Mark Kac, matemático de origen polaco, instalado en Estados Unidos, hizo de Ramanujan, al que consideró un «mago» más que un «genio ordinario»:

> Un genio ordinario es una persona tan buena como usted y yo, si únicamente fuéramos muchas veces mejores. No existe ningún misterio en cómo funciona su mente. Uno puede comprender lo

que ha hecho, estamos seguros de que nosotros también podríamos haberlo hecho. Es diferente con los magos. Ellos están, utilizando la jerga matemática, en el complemento ortogonal de donde estamos nosotros y el funcionamiento de sus mentes es incomprensible para todo propósito e intención. Incluso después de que hayamos entendido lo que han hecho, el proceso mediante el cual lo han hecho es completamente oscuro.

La historia de cómo Ramanujan llegó a relacionarse con Hardy, y establecerse durante algún tiempo en Cambridge, comenzó con la siguiente carta que Ramanujan envió a Hardy desde Madrás el 16 de enero de 1913:

Estimado señor:

Tengo el gusto de presentarme como oficinista en el Departamento de Contabilidad de la Oficina Fiduciaria del Puerto de Madrás con un salario de sólo 20 libras anuales. Tengo ahora unos veintitrés años. No he tenido educación universitaria, pero he asistido a los cursos escolares ordinarios. Después de dejar la escuela, he utilizado el tiempo libre de que disponía para trabajar en matemáticas. No he hollado la senda reglada tradicional que se sigue en los cursos de la universidad, sino que he abierto yo mismo una nueva vía. He llevado a cabo una investigación especial de las series divergentes en su conjunto y los resultados que he obtenido han sido denominados por los matemáticos locales como «asombrosos».

Así como en matemáticas elementales se da un significado a *an* cuando *n* es negativo o fraccional para que cuadre con la ley que rige cuando *n* es un entero positivo, de manera análoga el conjunto de mis investigaciones las he desarrollado dando un significado a la segunda ecuación de Euler para cualquier valor de *n*. Los amigos que han seguido el curso reglado de la educación universitaria me dicen que $\int_0^\infty x^{n-1} e^{-x}\, dx = \Gamma(n)$ sólo es correcta cuando *n* es positivo. Dicen que esta relación integral no es válida si *n* es negativo. Suponiendo que esto es cierto sólo para valores positivos de *n* y suponiendo también que la definición $n\Gamma(n) = \Gamma(n+1)$ se mantiene de manera universal, he dado un significado a estas integrales y, bajo las condiciones que yo he establecido, la integral es válida para cualquier valor de *n*

> negativo o fraccional. El conjunto de mis investigaciones se basan en esto y las he desarrollado en tal grado de extensión que los matemáticos locales no son capaces de entender estas miras mías de altos vuelos.
>
> Muy recientemente he dado con un tratado suyo titulado *Orders of Infinity* (*Órdenes del infinito*) en el que en la página 36 he encontrado la afirmación de que no se ha hallado todavía una expresión definitiva para establecer cuántos números primos existen con valor inferior a cualquier número dado. Yo he encontrado una expresión que se aproxima mucho al resultado verdadero, siendo el error muy pequeño. Le pediría que revise las hojas que le incluyo. Siendo éstas pobres, si usted está convencido de que tienen algo de valor, me gustaría ver mis teoremas publicados. No le he proporcionado las investigaciones actuales ni tampoco las expresiones que he obtenido, pero he indicado las líneas en que he procedido. Siendo una persona sin experiencia, valoraría mucho cualquier consejo que usted me diera. Le ruego que disculpe las molestias que le haya podido ocasionar.
>
> Quedo, estimado señor, sinceramente suyo,
>
> S. RAMANUJAN
>
> P. D. Mi dirección es S. Ramanujan, empleado del Departamento de Contabilidad, Oficina Fiduciaria del Puerto, Madrás, India.

Entre las «hojas» que Ramanujan incluyó en su carta, Hardy reconoció que había algunos resultados completamente nuevos, junto a otros ya conocidos, pero cuya existencia el desconocido hindú parecía ignorar. En el obituario que escribió para los *Proceedings of the London Mathematical Society*, Hardy recordó algunas de las circunstancias que hicieron posible que Ramanujan pudiera viajar a Inglaterra:

> Existieron serias dificultades; y el crédito para superarlas se debe sobre todo al Prof. E. H. Neville, en cuya compañía Ramanujan llegó en abril de 1914. Tenía una beca de Madrás por valor de 250 libras, de las cuales 50 se destinaron para mantener a su familia en India, y una de 60 libras del Trinity [College de Cambridge]. Para un hombre con gustos tan simples que parecen casi ridículos, éste era un amplio ingreso; y fue capaz de ahorrar una buena cantidad de dinero que necesitó mucho más tarde.

En aquel escrito, Hardy también mencionó otros detalles interesantes:

> Las dificultades para juzgar a Ramanujan son bastante obvias y formidables. Ramanujan era un indio, y supongo que para un inglés y un indio siempre resulta un poco difícil que se comprendan adecuadamente. Era, a lo sumo, un hindú medio educado; nunca tuvo las ventajas, tal como son, de una educación ortodoxa en India; nunca fue capaz de pasar la *First Arts Examination* de una universidad india, y ni siquiera llegó al nivel de un *Failed B. A*. Trabajó durante la mayor parte de su vida prácticamente en completa ignorancia de la moderna matemática europea, y murió con poco más de treinta años, cuando en algunos aspectos su educación matemática apenas había comenzado. Publicó mucho —sus artículos publicados constituyen un volumen de casi cuatrocientas páginas—, pero también dejó una masa de trabajo sin publicar que no ha sido analizada adecuadamente hasta hace unos pocos años. Este trabajo incluye una gran parte que es nueva, pero mucho más son redescubrimientos, y a menudo redescubrimientos imperfectos; y a veces todavía es imposible distinguir entre lo que él debió haber redescubierto y lo que pudo haber aprendido. No puedo imaginar a nadie que con alguna seguridad pueda, incluso ahora, decir cuán gran matemático fue y aún menos cuán gran matemático pudo haber sido.
>
> Éstas son dificultades genuinas, pero creo que encontraremos que algunas de ellas son menos formidables de lo que parecen, y para mí la mayor dificultad no tiene nada que ver con las obvias paradojas de la carrera de Ramanujan. Para mí la verdadera dificultad es que Ramanujan fue, de alguna manera, mi descubrimiento. Yo no lo inventé —al igual que otros grandes hombres, él se inventó a sí mismo—, pero yo fui la primera persona realmente competente que tuvo la oportunidad de ver algunos de sus trabajos, y todavía puedo recordar con satisfacción que pude reconocer enseguida el tesoro que había encontrado. Y supongo que todavía sé más sobre Ramanujan que cualquier otra persona, y que aún soy la autoridad sobre este tema particular.

En las últimas líneas es fácil apreciar el orgullo que Hardy sentía por la relación que había mantenido

con Ramanujan. Aquella experiencia, aquella parte de su vida, aliviaba los sentimientos de inseguridad, de frustración por no haber sido capaz de alcanzar el grado de excelencia que él hubiera deseado lograr en la matemática. El mismo comienzo de su *Apología de un matemático* es de una devastadora tristeza: «Es una experiencia melancólica para un matemático profesional encontrarse a sí mismo escribiendo sobre matemáticas. La función de un matemático es hacer algo, es probar nuevos teoremas, es contribuir a la matemática y no hablar sobre lo que él u otros matemáticos han hecho». Esa melancolía, nutrida en realidad por el sentimiento de no haber llegado a ser un matemático «verdaderamente grande», se muestra con claridad en uno de los pasajes más conmovedores de *Apología de un matemático*:

> Escribí bastante durante los siguientes diez años [los del comienzo propiamente dicho de su carrera como matemático], aunque poco que tuviera alguna importancia: sólo hay cuatro o cinco artículos que pueda recordar con cierta satisfacción. Los momentos críticos de mi carrera se presentaron diez o doce años más tarde, cuando comencé mi largo período de colaboración con Littlewood, y en 1913, cuando descubrí a Ramanujan. Desde entonces, mis mejores trabajos han estado unidos a los suyos y es obvio que mi asociación con ellos fue el hecho decisivo de mi vida. Todavía me digo cuando estoy deprimido y me veo obligado a escuchar a personas pomposas y aburridas, «bueno, he hecho una cosa que *usted* nunca podría haber hecho, que es haber colaborado tanto con Littlewood como con Ramanujan en, digamos, igualdad de condiciones». A ellos les debo una madurez creativa inusualmente tardía: mi mejor momento fue cuando tenía más de cuarenta años y era profesor en Oxford. Desde entonces he sufrido un continuo deterioro, que es el destino común reservado a las personas mayores y especialmente a los matemáticos mayores.

En una escala de 0 a 100, Hardy se adjudicaba

25; a John E. Littlewood le concedía 30; a David Hilbert, el matemático más eminente de su tiempo, 80. A Ramanujan le asignaba 100.

Conocer a Srinivasa Ramanujan, colaborar con él, introducirle en los métodos modernos de la matemática, constituyó uno de los grandes episodios de la vida de Hardy. A Ramanujan también le enriqueció los años que pasó en Cambridge con Hardy, pero, alejado de su familia, el clima y la comida inglesa socavaron severamente su salud. Enfermo, regresó a India en marzo de 1919. La Royal Society había reconocido sus méritos nombrándole *fellow* (F. R. S.), al igual que hizo el Trinity College, el *college* de Newton. Falleció el 26 de abril de 1920 en su casa de Chetput en Madrás. Tenía treinta y tres años.

MARX, ENGELS Y LA CIENCIA*

La ciencia fue importante, al menos en teoría, para la ideología del materialismo dialéctico. Esto lo demuestran padres del comunismo como Karl Marx (1818-1883) y Friedrich Engels (1820-1895), o Vladimir Ilych Ulyanov, esto es, Lenin (1870-1924), autor de un texto indispensable para comprender su pensamiento, *Materialismo y empiriocriticismo* (1909). De hecho, esta obra ejerció una cierta influencia entre algunos científicos soviéticos, como el físico Vladímir Fock, que en la «Introducción» a su influyente —e idiosincrásico— libro sobre la teoría de la relatividad general, *The Theory of Space, Time and Gravitation* (segunda edición en inglés de 1964; primera edición en ruso de 1955) escribió:

> El aspecto filosófico de nuestras ideas sobre la teoría del espacio, tiempo y gravitación se formó bajo la influencia de la filosofía del materialismo dialéctico, en particular bajo la influencia de *Materialismo y empiriocriticismo* [1909], de Lenin. Las enseñanzas del materialismo dialéctico nos ayudaron a analizar críticamente el punto de vista de Einstein a propósito de la teoría creada por él y a reelaborarla. Nos sirvió para entender correctamente, y para interpretar, las nuevas conclusiones a que habíamos llegado.

De hecho, el marxismo pretendía hacer de la historia —y subsidiariamente de la política— una ciencia. En una ocasión célebre, en el Congreso Internacional de Historia de la Ciencia celebrado en Londres en 1931, el primero al que asistió una delegación soviética, el economista asociado a la Academia de Ciencias, Modest Rubinstein, expresó con claridad el papel que se deseaba para la ciencia en el régimen soviético:



Karl Marx y su esposa.
© *Superstock/Album*



Friedrich Engels.
© *Sputnik/Album*

La Unión Soviética constituye el primer experimento en la historia de la humanidad de la aplicación del análisis y los métodos científicos para la construcción consciente de relaciones sociales, para una guía planeada de la vida económica, así como para dirigir el curso del desarrollo cultural, científico y técnico. La propia existencia y dirección completa del desarrollo de la Unión Soviética está de esta manera conectado con la genuina teoría científica.

Y más adelante añadía:

La Unión Soviética se ha planteado la tarea de alcanzar y superar económica y técnicamente a los países capitalistas avanzados en el período histórico más breve posible. Las masas de millones de personas de nuestro país están ahora animadas por un entusiasmo desconocido en la historia para dominar la moderna ciencia y técnica, para obtener un conocimiento que les permitirá remodelar el conjunto de la vida y lograr que las fuerzas de la naturaleza se sometan al deseo colectivo de los trabajadores que con tanto esfuerzo laboran. Sólo esto ya muestra la colosal

importancia que en la Unión Soviética se da a la actividad creativa en ciencia y tecnología, al trabajo de investigación y a la difusión del conocimiento entre las masas.

Algunos párrafos de las cartas que intercambiaron Marx y Engels arrojan luz sobre los intereses y las ideas científicas de ambos. Así, el 14 de julio de 1858 Engels escribía a Marx desde Mánchester:

> A propósito, envíame la *Filosofía de la naturaleza* de Hegel, como me prometiste. Ahora estoy estudiando algo de fisiología, y la combinaré con la anatomía comparada. En esto hay algunas cosas altamente especulativas, todas las cuales acaban de ser descubiertas recientemente; siento mucha curiosidad por ver si el viejo Hegel intuyó alguna de ellas. Hay algo seguro: si escribiese *hoy* una filosofía de la naturaleza, los hechos decisivos han sido, en primer lugar, el tremendo desarrollo de la química orgánica y, en segundo término, el microscopio, que sólo en los últimos veinte años ha sido usado con propiedad. El microscopio ha conducido a resultados aún más importantes que la química; la cosa principal que ha revolucionado toda la fisiología y que hizo posible por primera vez la fisiología comparada es el descubrimiento de la célula, de la célula vegetal por [Matthias Jacob] Schleiden, y de la célula animal por [Theodor] Schwann (alrededor de 1836). Todo es célula. La célula es el «ser en sí mismo» de Hegel, y su desarrollo sigue exactamente el proceso hegeliano, acabando por terminar en la «idea», esto es, en cada organismo completo.
>
> Otro resultado que habría agradado al viejo Hegel es, en física, la correlación de las fuerzas, la ley de que bajo determinadas condiciones la fuerza mecánica (producida, por ejemplo, por la fricción) se transforma en calor, el calor en luz, la luz en afinidad química, la afinidad química (por ejemplo, en la pila voltaica) en electricidad, y ésta en magnetismo. Estas transformaciones también pueden tener lugar en forma diferente, hacia delante o hacia atrás. Ahora ha sido demostrado por un inglés cuyo nombre no recuerdo [se debe referir a James Prescott Joule] que la transformación de estas fuerzas, las unas en las otras, tiene lugar en condiciones cuantitativas bien precisas, de modo que, por ejemplo, una cierta cantidad de una de ellas, digamos de electricidad, corresponde a cierta cantidad de cada una de las otras, por ejemplo, magnetismo, luz, calor, afinidad química (positiva o negativa, combinación o disociación) y movimiento. La estúpida teoría del calor latente queda así superada. Pero ¿no es ésta una espléndida prueba material de la manera en que se

resuelven las determinaciones-de-reflexión las unas en las otras?

Lo cierto es que la fisiología comparada le inspira a uno un desprecio enorme por la exaltación idealista del hombre por encima de los demás animales. A cada paso uno se topa con la más completa uniformidad estructural con el resto de los mamíferos, y en sus aspectos principales esta uniformidad se extiende a todos los vertebrados, e incluso —menos claramente— a los insectos, crustáceos, lombrices, *etc.* La teoría hegeliana del salto cualitativo se presenta aquí también con mucha belleza. Por último, entre los infusorios más elementales se llega a la forma primitiva, la célula simple, existente independientemente, que a su vez, sin embargo, no es distinguible en forma perceptible de alguna de las más primitivas plantas (hongos formados por células únicas: los de la patata y las enfermedades de los viñedos, etc.), o de los gérmenes de las etapas más elevadas del desarrollo, el huevo y el espermatozoide humanos inclusive, los que también se parecen a las células independientes del cuerpo (los corpúsculos de la sangre, las células de la epidermis y la membrana mucosa, las células de secreción de las glándulas, riñones, etc.).

De pasada, puedes indicarme también qué tipo de enfermedad es la *dispepsia crapulosa*. No se trata de ninguna broma de mal gusto, sino de un término adoptado por científicos.

Al mencionar los avances que se habían realizado en química orgánica y con el uso del microscopio, Engels mostraba estar bastante al tanto de la ciencia de la época. En cuanto a la química orgánica, hay que recordar los trabajos de Justus von Liebig, de los que se trata en el capítulo 33 de este libro. Para comprender cuán grande fue el desarrollo de esa rama de la química, basta señalar que en 1888 se conocían las fórmulas estructurales de 20.000 compuestos orgánicos, frente a 74.000 en 1899 y cerca de 140.000 en 1910.

Por lo que se refiere al microscopio, el perfeccionamiento de este instrumento permitió comenzar a desentrañar la estructura de los tejidos celulares. Theodor Schwann (1809-1885), al que Engels mencionaba en su carta, publicó en 1839 una

monografía significativamente titulada *Mikroskopische untersuchungen über die übereinstimmung in der struktur und dem wachsthum der thiere und pflanzen* (*Investigaciones microscópicas sobre la coincidencia de los animales y las plantas en la estructura y el crecimiento*); en ella, apoyándose en trabajos anteriores de botánicos, zoólogos y médicos, sostenía que la célula es la unidad elemental de la estructura y de la formación de todos los seres vivos. Y una de las frases de Engels en su carta a Marx, «Todo es célula», remite a Rudof Virchow, médico que protagoniza el capítulo 35 del presente libro, en el que explico su papel en el estudio de la célula como unidad fisiológica.

No es superfluo insistir —ya lo mencioné en el capítulo 35— en que, además de un gran científico, Virchow fue un hombre profundamente preocupado —un activista, de hecho— por la situación de la salud pública en general, y de los hospitales y médicos en particular. De especial importancia en este sentido son una serie de artículos, también citados anteriormente, sobre las reformas médicas en la salud pública que publicó en 1848 en *Die Medizinische Reform*, una revista semanal fundada por él mismo y por el psiquiatra R. Leubuscher. En el número 5 de esta publicación (4 de agosto), manifestaba:

> No basta con que el Gobierno salvaguarde los meros medios de existencia de sus ciudadanos, esto es, que ayude a todos aquéllos cuya capacidad de trabajo no es suficiente para ganarse la vida. El Estado debe hacer más. Debe ayudar a todos a que vivan una vida sana. Esto se deriva directamente de la concepción del Estado como la unidad moral de todos los individuos que lo componen, y de la obligación de solidaridad universal.

En el capítulo 35 mencioné que Virchow utilizó en uno de sus artículos la frase «para cada uno según sus necesidades» que había empleado también Karl Marx en su *Crítica del programa de Gotha* (expuesta en

una carta a W. Bracke, del 5 de mayo de 1875). No es que Virchow fuese marxista, sino, simplemente, que la política formaba parte de sus intereses y preocupaciones. De hecho, para él política y ciencia estaban unidas de manera íntima y sus opiniones políticas y biológicas se reforzaban mutuamente. Sostenía que la política debía imitar las lecciones que se extraían de la patología celular, ciencia que demostraba que el cuerpo era un estado libre de individuos iguales, una federación de células, un estado celular democrático, una sociedad formada por iguales, mientras que una sociedad no democrática, oligárquica de tejidos, conducía a un estado patológico; de aquí extraía la conclusión de que las sociedades humanas debían imitar a las celulares, adoptando patrones democráticos. Continuamente establecía paralelismos entre los fenómenos políticos y biológicos.

Cabe señalar también que la referencia de Engels a la «correlación de fuerzas» significa muy probablemente que había leído, o sabido, de un libro que obtuvo gran éxito y que se había publicado en Londres en 1855: *On the Correlation of Forces: being the substance of 3 course of Lectures delivered in 1843-1846*. Su autor era William Robert Groves (1811-1890); es incluso posible que Engels asistiera a las conferencias de las que surgió el libro. Ampliado con el título de *The Correlation and Conservation of Forces* y con artículos de H. von Helmholtz, J. R. Mayer, M. Faraday, J. von Liebig y W. B. Carpenter, además del texto de Grove, el libro vio numerosas ediciones en América, la primera en 1865 (Appleton, Nueva York).

Darwinismo e ideologías

Ya he hablado de la repercusión que tuvo la aparición

en 1859 del libro de Charles Darwin *On the Origin of Species by means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. De inmediato suscitó grandes pasiones a favor y en contra, en las que los argumentos científicos se mezclaban con consideraciones de índole política, además de las religiosas. De la fusión de las ideas evolucionistas con un programa político conservador surgió a finales de la década de 1870 lo que se denomina «darwinismo social». Al elevar a la categoría de «ley natural» las virtudes tradicionales de la confianza en la capacidad propia, la austeridad y la laboriosidad, el darwinismo social gozó de un favor especial entre, por ejemplo, los hombres de negocios norteamericanos. Sus defensores —se basaron más en los escritos de Herbert Spencer (1820-1903), en el denominado «spencerismo social», que en los de Darwin— instaban a la implantación de la política del *laissez-faire*, dirigida a eliminar a inadaptados, ineficientes e incompetentes, reforzando de esta forma, o imbricándose con, los movimientos eugenésicos, tan populares en las últimas décadas del siglo XIX y primeras del XX.

Uno de los portavoces destacados del darwinismo social, William Graham Sumner (1840-1910), de la Universidad de Princeton, sostenía que los millonarios eran los individuos más aptos de la sociedad y que merecían los privilegios de que disfrutaban, ya que habían sido seleccionados naturalmente en el crisol de la competencia. Andrew Carnegie y John D. Rockefeller estaban, como es fácil imaginar, de acuerdo con esas ideas y se adhirieron a concepciones similares que, pensaban, proporcionaban una justificación a los excesos del capitalismo.

En general, la ciencia darwiniana fue utilizada

con parecido fervor por programas políticos diferentes, como ejemplifica con especial claridad el caso de Alemania, en donde *El origen de las especies* fue recibido con particular rapidez y entusiasmo (apareció una traducción al alemán justo el año siguiente a la publicación del original inglés). Los más entusiastas fueron sobre todo los liberales y los marxistas; así, Wilhelm Liebknecht, amigo de Karl Marx, señaló (*Karl Marx: Biographical Memoirs* [Chicago, 1901]) que, tras la publicación de *El origen*, él y sus camaradas «no hablaron de otra cosa durante meses que no fuese sobre Darwin y el poder revolucionario de sus conquistas científicas». El mismo Marx encontró en el «materialismo» de Darwin la munición que buscaba contra el «derecho divino» de los reyes y la jerarquía social. La idea de que la evolución es una historia de conflicto competitivo casaba bien con su ideología de la «lucha de clases». Como vemos, tanto capitalistas como comunistas se consideraban «darwinistas sociales». En un ensayo titulado «La función desempeñada por el trabajo en la transición del simio al hombre», publicado en 1876, Friedrich Engels escribió:

> El trabajo es la primera condición básica de toda existencia humana, hasta el punto de que, en cierto sentido, deberemos decir que el trabajo creó al hombre. [...] En primer lugar, el trabajo, y tras él, y por tanto con él, el lenguaje. Éstos fueron los dos estímulos más esenciales bajo cuya influencia el cerebro del simio se transformó gradualmente en el del hombre.

En vista de lo anterior, es normal que en la correspondencia entre Marx y Engels haya referencias a las tesis darwinianas. Así, el 11 o 12 de diciembre de 1859 —muy poco después de la publicación, el 24 de noviembre, de *El origen de las especies*, algo que no sorprende por la gran conmoción que produjo el libro

—, Engels escribía a Marx:

> Mientras tanto sigo leyendo a ese Darwin, que es algo verdaderamente sensacional. Quedaba todavía un aspecto en que la teleología no había sido demolida: ahora es cosa hecha. Además, nunca hasta el momento se había emprendido un intento de tamaña envergadura para demostrar que en la naturaleza hay un desarrollo histórico, al menos nunca con tanta fortuna. Claro está que hay que reprocharle una cierta pesadez muy inglesa en el método.

Más de un año después, el 19 de diciembre de 1860, Marx se dirigía de nuevo a Engels desde Londres:

> Durante todo este período de desgracias —estas cuatro últimas semanas— he leído toda clase de cosas. Entre otras, el libro de Darwin sobre la *Natural Selection*. Pese a la falta muy inglesa de finura del desarrollo en este libro se encuentra el fundamento histórico-natural de nuestra idea. En cambio, *Der Mensch in der Geschichte* [*El hombre en la historia*, 1860], de A. [Adolf] Bastian (tres gruesos volúmenes; el tipo es un joven médico de Bremen que ha dado una explicación científica de la psicología y una explicación psicológica de la historia), es un libro malo, confuso e informe. La única cosa utilizable: ¡muy de vez en cuando hay algunas curiosidades etnográficas! Además, mucha pretensión y un estilo abominable.

Un mes más tarde, el 16 de enero de 1861, esta vez en una carta a Ferdinand Lassalle, Marx explicaba:

> El libro de Darwin es muy importante y me sirve de base en la lucha de clases en la historia. Desde luego que uno tiene que aguantar el crudo método inglés de desarrollo. A pesar de todas las deficiencias, no sólo se da aquí por primera vez el golpe de gracia a la «teleología» en las ciencias naturales, sino que también se explica empíricamente su sentido racional.

> El 18 de junio de 1862, Marx volvía a tratar de Darwin en otra carta a Engels:

> En cuanto a Darwin, al que he releído otra vez, me divierte cuando pretende aplicar *igualmente* a la flora y a la fauna la teoría de Malthus, como si la astucia del señor Malthus no residiera precisamente en el hecho de que *no se* aplica a las plantas y a los animales, sino sólo a los hombres —con la progresión geométrica —, en oposición a lo que sucede con las plantas y los animales. Es curioso ver cómo Darwin descubre en las bestias y en los vegetales su sociedad inglesa, con la división del trabajo, la

concurrencia, la apertura de nuevos mercados, las «invenciones» y la «lucha por la vida» de Malthus. Es el *bellum omnium contra omnes* [la guerra de todos contra todos] de Hobbes [alude al *Leviatán*, de Thomas Hobbes, en el que se argumenta que el hombre es un lobo para el hombre], y esto hace pensar en la *fenomenología* de Hegel, en la que la sociedad burguesa figura bajo el nombre de «reino animal intelectual», mientras que en Darwin es el reino animal el que representa a la sociedad burguesa.

Como se ve, Marx no compartía la forma en que Darwin había utilizado las ideas del economista Thomas Robert Malthus. Ya se explicó en otro capítulo que la lectura que Darwin hizo del libro de Malthus de 1826, *An Essay on the Principle of Population*, le proporcionó el «mecanismo» que necesitaba para explicar por qué se producían cambios en las especies.

No sólo era Darwin el objeto de las lecturas de Engels, como se observa en la carta que dirigió a Marx el 8 de abril de 1863:

> He leído las últimas cosas de [Charles] Lyell y de [Thomas Henry] Huxley, excelentes y muy interesantes las dos. Lyell todavía es más prolijo que Huxley, pero también tiene algunas bromas excelentes; por ejemplo, cuando después de haber citado a todos los científicos de la naturaleza con la intención de descubrir una diferencia cualitativa entre el hombre y el mono, acaba por citar al arzobispo de Canterbury, que pretende que es la religión lo que distingue al hombre del animal. Por otra parte, las viejas creencias religiosas son objeto aquí de ataques vigorosos asestados ruidosamente y de todos los lados. Para proteger a la religión, pronto se verán obligados a montar un sistema racionalista, tan farragoso como puñetero. [Richard] Owen ha hecho que alguien conteste a Huxley en la *Edinburgh Review*; la respuesta cede en el fondo sobre todos los puntos esenciales, y sólo discute algunas expresiones.

Engels menciona aquí a dos científicos muy destacados relacionados con Darwin: Charles Lyell y Thomas Henry Huxley, que aparecen en otros capítulos del presente libro.

Otra carta interesante de Engels a Marx es una fechada el 20 de mayo de 1863, en la que le indicaba

que «si quieres tener una idea del tiempo necesario para que se abran paso los nuevos descubrimientos, incluso en campos que no tienen nada que ver con la política, lee la *Antiquity of Man*, de Lyell». Este libro, *The Geological Evidences of the Antiquity of Man (Las evidencias de la antigüedad del hombre)*, había aparecido aquel mismo año, 1863, y en él Lyell se enfrentó —bastante antes de que Darwin se atreviese a hacerlo en su libro de 1871, *The Descent of Man*— a la cuestión de los orígenes de la especie humana, el *Homo sapiens* (véase el capítulo XXI: «On the origin of species by variation and natural selection»).

De interés es también la carta que Engels envió desde Londres al matemático, sociólogo, escritor y político ruso Piotr Lavrov (1823-1900). Fechada entre el 12 y el 17 de diciembre de 1875, en ella precisaba su opinión sobre la teoría de Darwin:

> Yo acepto la teoría de la evolución de la doctrina de Darwin, pero no acepto su método de demostración [«*struggle for life, natural selection*»; esto es, «lucha por la vida, selección natural»], salvo como primera expresión, provisional e imperfecta, de una realidad recién descubierta. Hasta la aparición de Darwin, las personas que precisamente hoy sólo ven por doquier la lucha por la vida (Vogt, Büchner, Moleschott, entre otros) eran de las que ponían en primer término la conjugación de las fuerzas en la naturaleza orgánica, mostrando cómo la flora proporciona a la fauna el oxígeno y el alimento y cómo recíprocamente la fauna ofrece a las plantas dióxido de carbono [CO_2] y abonos, cosa que Liebig, en especial, ya había puesto de relieve. Ambas concepciones se justifican en cierto modo dentro de ciertos límites, pero tanto una como otra son unilaterales y limitadas. La acción recíproca de los cuerpos naturales —muertos o vivos— incluye tanto la armonía como la conjunción de los esfuerzos. Es por este motivo por lo que cuando alguien que pretende ser científico se permite situar la totalidad y la multiplicidad de la riqueza del desarrollo histórico bajo la pobre fórmula unilateral de «lucha por la vida», fórmula que incluso en el terreno de la naturaleza sólo puede aceptarse *cum grano salis* [«con toda clase de reservas críticas»], está haciendo algo que se condena por sí

> mismo. […]
>
> Toda la doctrina darwinista de la lucha por la vida no es más que la transposición de la sociedad a la naturaleza animada, de la doctrina de Hobbes sobre el *bellum omnium contra omnes* y de la doctrina económico-burguesa de la concurrencia, unidas a la teoría demográfica de Malthus. Una vez ejecutado este truco de prestidigitación (cuya legitimidad absoluta niego), se transponen de nuevo esas mismas teorías de la naturaleza orgánica a la historia y entonces se pretende que se ha demostrado su validez en tanto que leyes eternas de la sociedad humana. El carácter pueril de este procedimiento salta a la vista, y no vale la pena desperdiciar palabras sobre ese tema. De todos modos, de insistir, lo haría presentándolos en primer lugar como malos *economistas*, y secundariamente como malos científicos y malos filósofos.
>
> La diferencia esencial entre la sociedad humana y la sociedad animal es que los animales, en el mejor de los casos, *recogen*, mientras que los hombres *producen*. Esta diferencia, única pero capital, basta para impedir la pura y simple transposición de las leyes de las sociedades animales a las humanas.

Vemos en esta carta que Engels se refería explícitamente a Justus von Liebig, a quien ya mencioné. Entre los intereses de Liebig se encontraba la aplicación de productos químicos a la agricultura, algo que sin duda ya debió de atraer la atención de personas comprometidas con la mejora de la sociedad como era Engels. La agricultura se vio influida por las enseñanzas de Liebig, especialmente a través del libro que publicó en 1840, y que ya mencioné en el capítulo 33: *Chemie in ihre Anwendung auf Agricultur und Physiologie*, en el que, entre otros temas, se analizaba el papel del carbono en la nutrición de las plantas. En esta obra se podían leer pasajes como los siguientes:

> No podemos suponer que una planta puede llegar a su madurez, incluso en el medio vegetal más rico, sin la presencia de materia que contenga nitrógeno, ya que sabemos que existe nitrógeno en todas las partes de la estructura vegetal. En consecuencia, la primera y más importante pregunta que hay que contestar es: ¿cómo y en qué forma suministra la naturaleza nitrógeno al albumen vegetal, y gluten a frutas y semillas?
>
> Esta pregunta es susceptible de una solución muy sencilla.

Como sabemos, las plantas crecen perfectamente en carbón vegetal puro si al mismo tiempo se les suministra agua de lluvia. El agua de lluvia contiene nitrógeno sólo de dos formas: bien como aire atmosférico disuelto, o como amoníaco, que consiste de ese elemento y de hidrógeno. Ahora bien, el nitrógeno del aire no se puede combinar con ningún elemento excepto con el oxígeno, incluso recurriendo a los medios químicos más poderosos. No tenemos ninguna razón para creer que el nitrógeno de la atmósfera tome parte en los procesos de asimilación de plantas y animales; por el contrario, sabemos que muchas plantas emiten el nitrógeno que absorben sus raíces, bien en forma gaseosa o disuelto en agua. Por otra parte, existen numerosas pruebas que muestran que la formación en plantas de sustancias que contienen nitrógeno, tales como el gluten, tiene lugar en proporción a la cantidad de este elemento que es transportado hacia sus raíces en forma de amoníaco, derivado de la putrefacción de materia animal.

Marx no sobrevivió a Engels, y éste le dedicó las siguientes frases en el entierro de su amigo y correligionario, en las que no faltaba referencia a Darwin:

De igual manera que Darwin descubrió la ley de la evolución de la naturaleza orgánica, Marx descubrió la ley de la evolución de la historia humana.

En cada campo concreto que Marx sometía a su examen, y esos campos fueron muy numerosos y jamás abordó ninguno de ellos tocándolo únicamente de manera superficial, incluso el de las matemáticas, efectuó descubrimientos originales.

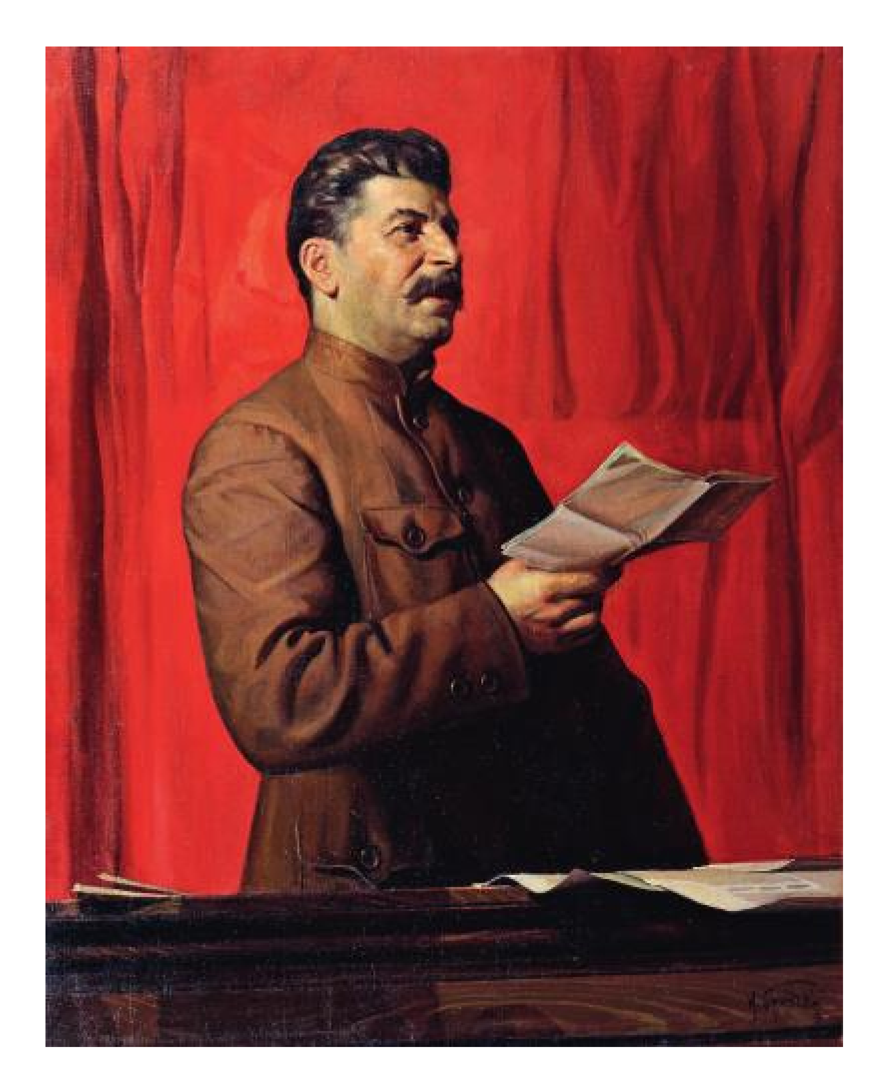
Así fue el científico. Pero esto no es ni siquiera la mitad de todo lo que él representa. Para Marx, la ciencia era una fuerza histórica en movimiento, una fuerza revolucionaria. Por pura que fuese su alegría ante un nuevo descubrimiento en una ciencia teórica cuya aplicación práctica era quizá todavía imprevisible, era de naturaleza totalmente distinta la que experimentaba cuando se trataba de un descubrimiento que intervenía inmediatamente de manera revolucionaria en la industria, en la evolución histórica en general. Por consiguiente, siguió muy de cerca la evolución de los descubrimientos en el campo de la electricidad.

50

STALIN Y LYSENKO CONTRA MENDEL*

Iosiv Vissarionovich Djugashvili (1879-1953), el hombre que más tarde adoptaría el nombre de Stalin, fue un dictador despiadado, de ello no cabe duda, pero que, sin embargo, mostraba interés por la ciencia. No tenía el tipo de pretensiones de Napoleón, que presumía de que podía haber llegado a ser un gran científico: «Si no me hubiese convertido en general en jefe —escribió en cierta ocasión—, me habría sumergido en el estudio de las ciencias exactas. Hubiera construido mi camino en la ruta de los Galileo, los Newton». Stalin nunca dijo, que yo sepa, algo parecido, ni creo que lo pensase, pero se comportó en ocasiones como si sus conocimientos científicos fuesen tales que le permitiesen dirigir la ciencia de su país, incluido el juzgar lo que era correcto y lo que no lo era. Así, entre el final de la Segunda Guerra Mundial y su muerte en 1953, intervino en varios debates científicos. De hecho, y a semejanza de Napoleón, que se convirtió en miembro de la Academia de Ciencias francesa en 1939, Stalin entró a formar parte de la Academia de Ciencias de la Unión Soviética. Fue entonces cuando se añadió un nombre más a los que se le adjudicaron en vida (Gran Timonel de la Revolución, Líder del Proletariado Internacional, Generalísimo, Padre de Naciones): el de Corifeo de la Ciencia (recordemos que el corifeo era el director del coro en las antiguas tragedias griegas y romanas). En 1948, cuando la crisis de Berlín ahondaba en las diferencias ideológicas y pretensiones políticas entre la Unión Soviética y Estados Unidos,

Stalin escribió informes, mantuvo reuniones y realizó comentarios editoriales para apoyar los ataques contra la genética mendeliana y para defender a Trofim Lysenko, del que me ocuparé un poco más adelante.



Stalin.

Fue un dictador cruel y entre las víctimas de su crueldad se encuentran también científicos. Hans Hellman, físico alemán refugiado en Rusia de la

persecución de los nazis, que publicó *Química cuántica* en Rusia en 1937, murió en los campos de concentración. Lev Termén, el pionero de la televisión, fue condenado al gulag en julio de 1938. Tres brillantes cerebros de la física teórica, Matvéi Bronshtéin, S. P. Shubin y Alexandr Vitt, fueron ajusticiados o murieron en los campos de concentración en 1938. El profesor Iván Bashílov, el único científico capaz de refinar el radio a partir del uranio en la URSS (Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas), fue detenido en julio de 1938 y condenado a cavar zanjas en torno a la refinería de radio que él mismo había ideado. La planta pasó a ser gestionada por el NKVD [Comisariado del Pueblo para Asuntos Internos], pero como no funcionaba sin él, Bashílov regresó en calidad de prisionero a su propio laboratorio. En el terreno de la medicina y la biología, las cosas en la URSS fueron mucho peor que en el campo de la física. La profesión médica soviética había caído completamente en desgracia, no tanto cuando el profesor Dmitri Pletniov fue condenado a veinticinco años por el presunto asesinato de Gorki y de su hijo, sino más bien cuando los discípulos de Pletniov, los doctores Vladímir Vinográdov y Méer Vovsi, quedaron deshonrados al testificar que Pletniov era, en efecto, un asesino. También está el caso del matemático Nikolai Nikolaevich Luzin, experto en teoría de funciones, que fue expulsado de su cátedra en la Universidad de Moscú debido a las críticas de militantes comunistas por publicar sus trabajos matemáticos más importantes en el extranjero y no mostrar la adecuada ideología, esto es, interés por la doctrina marxista. Sin embargo, Luzin no fue expulsado de la Academia de Ciencias, aunque su

influencia allí desapareció, y sus estudiantes y discípulos continuaron prosperando. El hecho de que tuviese que abandonar la universidad pero no la Academia muestra que aquélla era más susceptible a presiones ideológicas que la Academia.

Quizá más famoso es el caso del extraordinario físico teórico Lev Landau (1908-1968), Premio Nobel de Física en 1962 por su teoría sobre el helio líquido. Landau fue encarcelado en 1938 bajo la ridícula acusación policial de ser un espía alemán, pero el físico Piotr Kapitza —que protagonizará el siguiente capítulo— consiguió liberarlo en abril de 1939, cuando Landau se encontraba en un estado de malnutrición al borde de la muerte. El 28 de abril de 1938, inmediatamente después de que Landau fuese detenido, Kapitza escribió a Stalin:

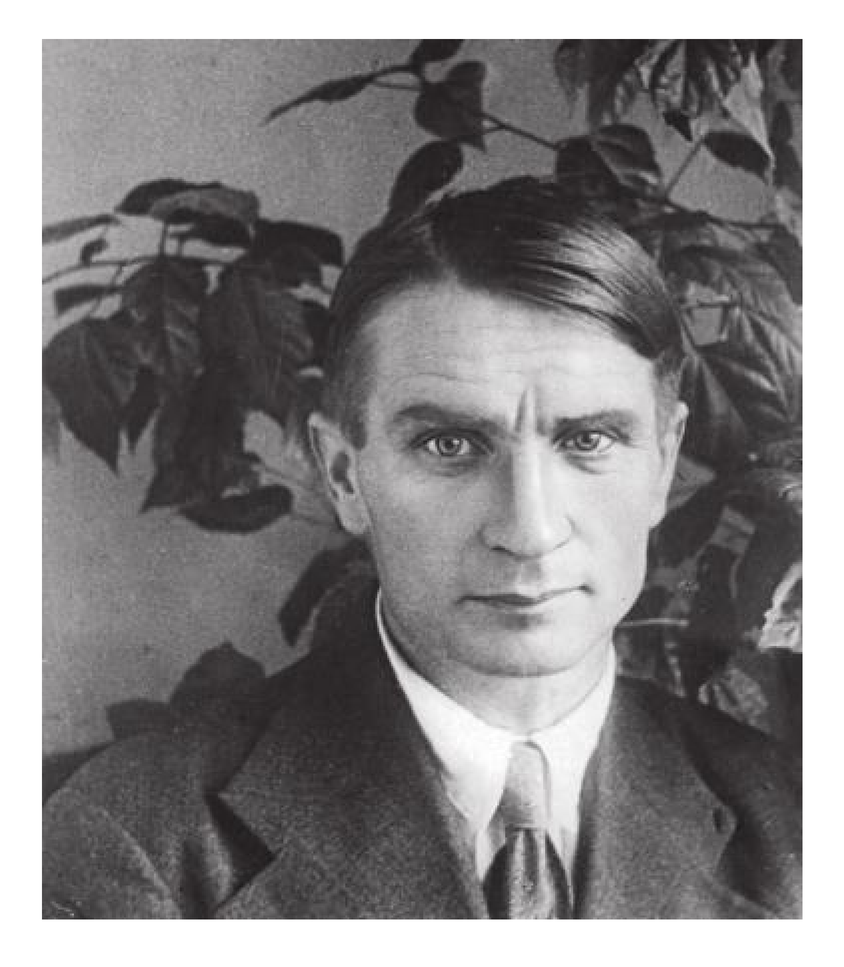
> Esta mañana L. D. Landau, un científico de este Instituto, fue arrestado. Aunque sólo tiene veintinueve años, él y Fock son los físicos teóricos más importantes de la Unión Soviética. Sus artículos sobre el magnetismo y la teoría cuántica son citados con frecuencia en la literatura científica, tanto aquí como en el extranjero.

Y terminaba con la siguiente solicitud:

> (1) ¿No sería posible llamar la atención de la NKVD de lo muy deseable que sería acelerar el caso de Landau?
>
> (2) Si esto no es posible, ¿acaso no se podría utilizar el cerebro de Landau para la investigación científica mientras esté en la prisión de Butyrki? He sabido que este procedimiento ha sido seguido en el caso de ingenieros.

Pese a que tanto la física relativista como la cuántica encontraron serios obstáculos con la

ideología marxista, sin embargo, la Unión Soviética pudo contar sin excesivo retraso con bombas atómicas. En este aspecto, la ideología y los métodos estalinistas no perjudicaron demasiado a la física nuclear soviética. Otro caso muy diferente y célebre, que se ha utilizado con frecuencia para mostrar las limitaciones del sistema soviético en relación con la ciencia, es el de Trofim Lysenko (1898-1976), un campesino ucraniano con un diploma en Horticultura que alcanzó fama en la década de 1930 cuando algunos periódicos elogiaron sus supuestamente eficaces nuevos métodos para mejorar las cosechas. De hecho, al principio también le apoyaron genetistas distinguidos, como Nikolai Vavilov, pero pronto Lysenko se volvió en contra de los conceptos y teorías de la genética clásica, que tildó de «contrarrevolucionaria». Enfrentado al grave problema de reestablecer la producción de cereales tras la liquidación en masa de los kulaks (los agricultores de la Rusia zarista), Stalin creyó en las ideas de Lysenko. Éste, recuperando las tesis evolucionistas de Jean-Baptiste Lamarck —que defendía que la evolución se produce por determinados cambios en las pautas de comportamiento que se transmiten a la progenie de los individuos que las experimentan—, sostenía disponer del secreto necesario para que los cereales se adaptasen a los terrenos menos fértiles y a los climas más adversos. A Lysenko se le premió con un doctorado y fue nombrado miembro de la poderosísima Academia de Ciencias soviética, lo que da idea del predicamento que llegó a alcanzar. Tal fue su poder que los escasos biólogos que se atrevieron a denunciarlo fueron detenidos y acusados de sabotaje o espionaje.



Trofim Denisovich Lysenko.

Una muestra del interés y opiniones de Stalin en el asunto de Lysenko es la carta que envió a éste el 31 de octubre de 1947, en la que mostraba que conocía los problemas de la tecnología agronómica, pero no la teoría de la selección:

> Estimado Trofim Denisovich:
>
> Me alegra saber que por fin has prestado la atención adecuada al asunto del trigo ramificado. Indudablemente, si queremos aumentar sustancialmente la cosecha de trigo, el trigo ramificado tiene una gran importancia, dado que tiene el potencial mayor

para lograr dicho objetivo.

Es una pena que no hayas intentado cultivar ese trigo en el ambiente «adecuado», sino que lo hayas hecho en unas condiciones que te convenían a ti, como investigador. Este trigo es una variedad del sur y necesita algo de luz y suficiente humedad. Si no se dan estas circunstancias, es difícil percibir con claridad todo su potencial. Yo, en tu lugar, no habría experimentado con trigo ramificado en el distrito de Odesa (¡es demasiado árido!) o cerca de Moscú (¡muy poco sol!), sino que, por ejemplo, lo habría hecho cerca de Kiev o en Ucrania occidental, donde hay suficiente sol y la humedad está garantizada. De todos modos, te felicito por tu experimento en los distritos de las afueras de Moscú. Puedes contar con el Gobierno para que apoye tu empresa.

También doy la bienvenida a tu iniciativa de la hibridación del trigo. Desde luego se trata de una idea muy prometedora. No hay duda de que las perspectivas para las actuales variedades de trigo no son muy buenas y la hibridación podría ayudar algo.

Pronto hablaremos en Moscú sobre la producción de plantas de caucho y la siembra de trigo en invierno.

En cuanto a la situación de la biología en el ámbito teórico, pienso que la postura de Michurin es la única que realiza un enfoque científico válido. Los weissmanistas y sus seguidores, que niegan la herencia de las características adquiridas, no merecen entrar en el debate. El futuro pertenece a Michurin.

Un saludo,

J. STALIN

El citado Iván Michurin (1855-1935) fue un obrero ferroviario aficionado a la botánica que se hizo con alguna tierra en la que experimentó con variedades vegetales (sobre todo, manzanos) y que terminó poseyendo una importante colección de semillas. Al igual que Lysenko, desarrolló una teoría lamarckiana; criticó a Mendel y a los seguidores de la genética mendeliana y de la teoría de la evolución de las especies de Darwin, como August Weismann (1834-1914). Fue muy celebrado en la Unión Soviética gracias a las técnicas de selección artificial que introdujo en la agricultura.

Lysenko sacó el mayor partido a esta carta reivindicando una amistad con Stalin que en realidad no existió. En agosto de 1948, la Academia Soviética de Ciencias Agrícolas, tras un intenso debate, dictaminó en contra de la genética clásica y a favor de la lisenkoiana, lo que significó un golpe terrible para el avance de la biología y de las ciencias y técnicas agrónomas soviéticas.

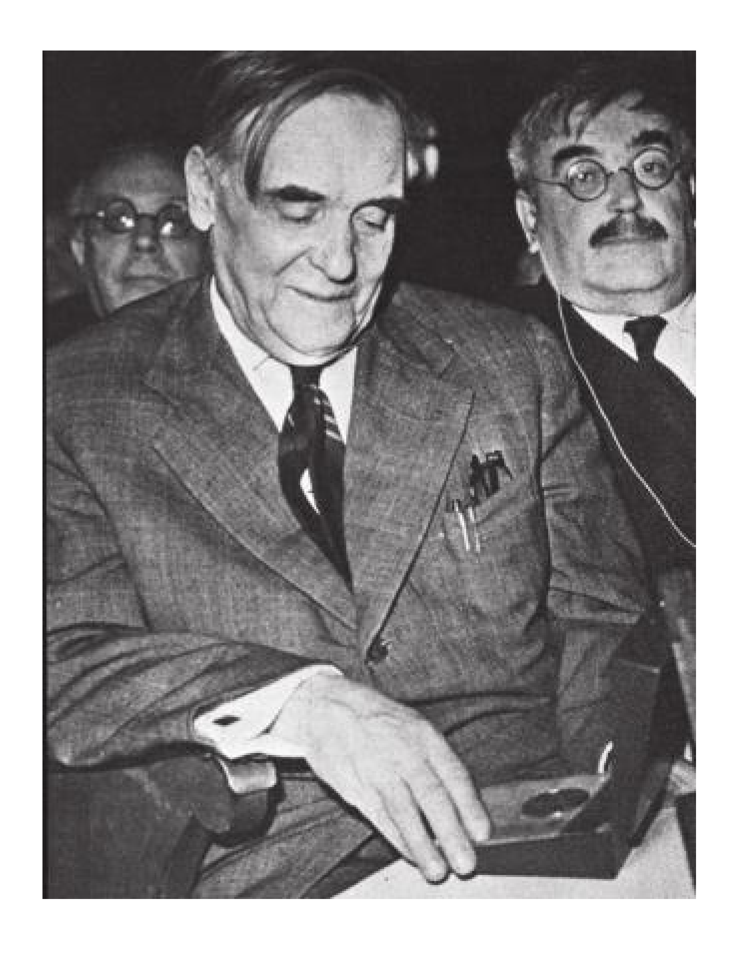
51
PIOTR KAPITZA, O LA CIENCIA SÍ TIENE FRONTERAS*

Stalin encarceló, alienó, hizo que fuesen asesinados o, como mínimo, aterrorizó, a investigadores, distinguidos o no. Como vimos, también se equivocó gravemente al apoyar a Lysenko, pero al mismo tiempo se afanó por incorporar al proyecto soviético a otros científicos. Un ejemplo bastante notorio es el del físico ruso Piotr Kapitza (1894-1984), catedrático y miembro distinguido del Laboratorio Cavendish de Cambridge, dirigido por Ernest Rutherford. Stalin lo retuvo —a la postre permanentemente— cuando Kapitza fue a pasar sus vacaciones en 1934 en su tierra natal, como hacía todos los años desde que se instaló en Inglaterra en 1921. La carrera de Kapitza en Cambridge había sido rápida: en 1923 obtuvo el doctorado, en enero de 1925 fue nombrado director ayudante de Investigaciones Magnéticas y en 1930, Rutherford logró que la Royal Society subvencionara la construcción de un laboratorio para él, el Royal Society Mond Laboratory, dedicado a la física de campos magnéticos fuertes y a las bajas temperaturas, que él mismo dirigió.

Stalin se dio cuenta de la importancia que Kapitza tenía para la ciencia soviética, y, algo insólito en él, soportó más bien que mal las periódicas reclamaciones y comentarios que éste le hacía, fundamentalmente a través de cartas. Por ejemplo, el 10 de julio de 1937 escribía al dictador:

> La situación de la ciencia aquí es insatisfactoria. Todas las

manifestaciones públicas habituales de que nuestra ciencia es mejor que cualquier otra del mundo son simplemente mentiras. Declaraciones semejantes no son sólo malas porque cualquier mentira sea mala, sino incluso peor porque dificultan el proceso de mejorar la vida científica en nuestro país.



Piotr Kapitza después de recibir la medalla Lemosov (Moscú, febrero de 1960).
© *Tass from Sovfoto*

Pocos, científicos o no, se habrían atrevido a escribir algo semejante a Stalin…, o habrían sobrevivido después de hacerlo.

Pero no es de este aspecto biográfico de Kapitza del que me quiero ocupar aquí, sino de algunas de sus

reacciones durante los primeros meses tras haber sido retenido en Rusia, tal y como las describía en sus cartas. Así, el 2 de noviembre de 1934, escribía desde Leningrado a su esposa, Anna Alekssevna Krylova (1903-1996), que se encontraba en Cambridge junto a los dos hijos del matrimonio, Andrei y Sergei:

> Ayer visité a Iván Petrovich [Pavlov]. Me tomó un poco el pelo y dijo palabrotas, pero en conjunto nos llevamos bien. Aceptó gustosamente dejarme trabajar en su laboratorio y en cuanto yo haya preparado el terreno empezaré los experimentos sobre el mecanismo de los músculos en líneas similares a las de A. V. Hill. [...] por favor, pídele que envíe separatas de los artículos de su grupo.
>
> Así que, mi querida Anya, estoy a punto de convertirme en un serio medio fisiólogo, lo que me hace muy feliz. Desde hace mucho tiempo había querido trabajar en este campo y ahora tengo la posibilidad de hacerlo en colaboración con un hombre tan grande como Iván Petrovich. [...] Será muy cómodo trabajar casi en la puerta de al lado de nuestra casa y, por supuesto, lo más importante es que el laboratorio está muy bien equipado. Aleksei Nikolayevich [Bakh] también aprueba mi proyecto de investigación. [...] No te puedes imaginar lo poco que conocemos sobre cómo trabajan los músculos. Una conversión como ésa, de energía química en mecánica, sólo se observa en la naturaleza viva. Hill fue el primero en abordar este tema —como sabes, él era matemático— [...]. No es un problema que pueda ser resuelto por fisiólogos. Todo lo que hay que saber es la estructura del músculo y eso se puede aprender muy rápidamente. Iván Petrovich piensa que un físico necesitaría sólo dos o tres meses de preparación para atacar el problema y aprueba la idea. Es más, yo había mantenido diversas discusiones con Hill y estoy familiarizado con sus técnicas. E incluso una ventaja mayor es el que no hay necesidad de un gran espacio en el laboratorio, y el que puedo comenzar de manera independiente.

En esta carta vemos que, alejado de su laboratorio de Cambridge, con el magnífico instrumental que le permitía llevar a cabo sus complejas investigaciones, Kapitza estaba considerando pasar de la física a la

fisiología. Uno de sus modelos era el fisiólogo inglés Archibald Vivian Hill (1886-1977), quien antes de dedicarse a la fisiología había sido matemático (estudió en el Trinity College de Cambridge, donde fue profesor entre 1910 y 1916, cuando pasó al King's College. Aquí enseñó hasta 1926, año en que obtuvo la cátedra de Fisiología del University College de Londres). Su formación matemática le sirvió para convertirse en uno de los fundadores de la biofísica; obtuvo el Premio Nobel de Medicina o Fisiología en 1922.

Otro detalle relevante de la carta es la relación que Kapitza estableció con Iván Petrovich Pavlov, el gran fisiólogo de los «reflejos condicionados». Pavlov había recibido en 1904 el Premio Nobel de Medicina o Fisiología, y aunque el galardón sueco no poseía aún la fama mundial que adquiriría posteriormente, sí tenía el suficiente prestigio como para que aumentase su reconocimiento en Rusia. En la última década del gobierno imperial de los zares, su laboratorio en la Academia Médico-Militar fue mejorado y ampliado, y su elección para la Academia de Ciencias le proporcionó un nuevo laboratorio. Pero en agosto de 1914 comenzó la Primera Guerra Mundial, y en 1917 los bolcheviques alcanzaron el poder. Pavlov reaccionó negativamente ante este giro político; le repugnaba en particular la idea comunista de que los laboratorios científicos deberían ser dirigidos por un consejo de trabajadores.

Consideró emigrar, pero no lo hizo sobre todo porque ningún país estaba dispuesto a proporcionar al casi septuagenario científico el gran laboratorio y personal que requería, algo que sí le aseguró el propio Lenin, convencido de que la ciencia era indispensable

para la construcción del socialismo y del valor publicitario de contar con un célebre premio nobel. Y aunque no emigró, valoraba el coraje de aquéllos que lo habían hecho, como refleja la carta (da idea de la opinión que tenía de la atmósfera social que fomentaba el régimen soviético) que dirigió el 23 de octubre de 1924 a Boris Petrovich Babkin cuando éste fue designado catedrático de Fisiología en la Universidad Dalhousie, en Halifax, Nova Scotia (Canadá):

> Querido Boris Petrovich:
>
> Le agradezco con toda mi alma sus sinceras felicitaciones. Estoy seguro de que su carta surge directamente de su corazón. Repito, me alegra que por fin haya encontrado un puesto. Y no sólo porque así tiene la oportunidad de trabajar con independencia, tiene medios y otras cosas. Esto es obvio. Pero también porque esto le ha llegado a una persona que ha mantenido intacta su integridad personal, puesto que, habiendo sido insultado, usted se mantuvo firme recordándolo y rechazando regresar a Rusia a pesar de todas las ofertas, en una época cuando su posición en el extranjero era muy difícil.
>
> Me asombra la ausencia de este sentido de integridad en los que me rodean. Una persona ha sido metida en la cárcel una, dos, tres veces, encadenado como un perro, pero pronto olvida esto y parece ignorar que ha sido insultado.
>
> Me alegró leer en su carta la llama de la investigación.
>
> Deme en su carta, como promete, detalles de todos los hechos de su vida,
>
> Suyo,
>
> I. PAVLOV

Hay que tener en cuenta, asimismo, que Pavlov defendía un enfoque «materialista» de los fenómenos psíquicos que estudiaba, algo que la ideología marxista-soviética veía con buenos ojos. De hecho, primero Lenin y luego Stalin dieron carta blanca a Pavlov. Tanto él como sus colaboradores favoritos

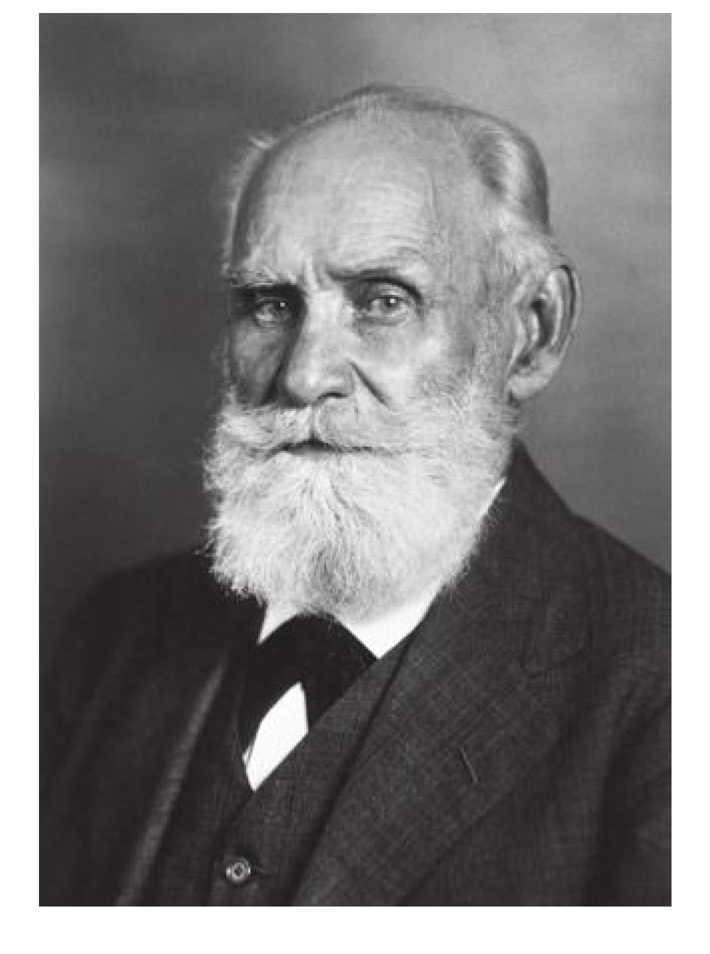
pudieron viajar al extranjero con relativa libertad; asimismo, sus laboratorios se mejoraban y ampliaban continuamente. El 24 de enero de 1921, desde el Kremlin, Lenin, cabeza de los Comisarios del Pueblo Soviético, junto con los dos siguientes miembros del Comisariado, N. Gorbunov y M. Gliasser, firmaban y emitían el siguiente decreto:

> Tomando en consideración los muy excepcionales servicios del académico I. P. Pavlov, que han tenido un significado extraordinario para los trabajadores de todo el mundo, los Comisarios del Pueblo Soviético han decidido:
>
> 1. Crear, basándose en representaciones del Petrosoviet [esto es, el Soviet de la ciudad de Petrogrado], un comité especial con amplios poderes, constituido por las siguientes personas: el camarada M. Gorky, el camarada Kristi, director de las instituciones de educación superior, y el camarada Kaplun, miembro de la Junta de Directores del Petrosoviet, y pedir a este comité que cree lo más pronto posible las condiciones más favorables para salvaguardar el trabajo científico del académico Pavlov y sus colaboradores.
> 2. Pedir a la editorial gubernamental que publique en la mejor imprenta de la República una edición de lujo de los trabajos científicos realizados por el académico Pavlov, y también conceder a I. P. Pavlov el derecho de propiedad de estas publicaciones, tanto en Rusia como en el extranjero.
> 3. Pedir al Comité de Suministros para los Trabajadores que proporcionen al académico Pavlov y a su esposa raciones especiales iguales en contenido de calorías a dos raciones académicas.
> 4. Pedir al Petrosoviet que asegure al profesor Pavlov y a su esposa el uso perpetuo del apartamento que ocupan y amueblarlo, al igual que el laboratorio de Pavlov, con todo lo que haga falta.

Coherente con tales deseos, a finales de la década de 1920 se comenzó a construir una ciudad de la ciencia pavloviana en Koltushi, una pequeña población en las afueras de Leningrado (como se denominó a partir de 1924 a San Petersburgo). Allí, en

el Instituto de Genética Experimental de la Actividad Nerviosa Superior, Pavlov y sus colaboradores estudiaron los reflejos condicionados en una amplia variedad de organismos. Más aún, entre el 9 y el 17 de agosto de 1935, un año antes de la muerte de Pavlov, se celebró en Moscú y Leningrado el XV Congreso Mundial de Fisiología, que contó con el generoso apoyo del Gobierno soviético. En él, Pavlov fue nombrado el fisiólogo más importante del mundo.

Entre Pavlov y Kapitza se estableció un fuerte vínculo, como demuestra otra carta a su esposa, fechada el 4 de diciembre de 1934. En ella explicaba que el veterano fisiólogo esperaba de Kapitza que mostrase en el futuro la misma libertad para decir la verdad a los políticos soviéticos que él había mostrado, algo en lo que Kapitza no lo defraudó (la defensa anteriormente citada en la que defendía a Landau no es sino un ejemplo en este sentido):



Iván Pavlov.
© *Universal Images Group/Universal History Archive/Album*

Iván Petrovich [Pavlov] me dijo: «Usted sabe, Pyotr Leonidovich, que yo soy el único aquí que dice lo que piensa y cuando yo muera usted debe continuar haciendo esto. Hablar francamente es esencial para nuestro país, al que he llegado a amar fuertemente en estos tiempos difíciles. [...] Me gustaría vivir durante al menos otros diez años para ver lo que sucede a mi país y a mis reflejos condicionados. Y, como sabe, me mantendré vivo ese tiempo» [no es esto lo que sucedió...; murió en 1936].

Él me trata bien, pero existen diferencias entre nosotros. En lo que respecta a hablar con claridad, no creo que tenga miedo, pero el potencial para hacerlo que tiene él es muy diferente del mío. Durante mucho tiempo ha sido el líder de una escuela científica muy importante que todos reconocen, mientras que yo estoy solo, sin apoyo y no valorado. Quizá se me reconozca en Occidente,

> pero en lo que respecta a la camarilla de Abram Fiódorovich [Ioffe] y compañía, tú sabes lo que piensan de mí. Además, también me arriesgo a dañar mis relaciones con la gente de Cambridge; ellos siempre desaprobaron mis tendencias izquierdistas y estoy seguro de que muchos están diciendo: «Es lo que se merece». [...]. Iván Petrovich [Pavlov] creyó inmediatamente en mis planes y era mucho más optimista que A. V. Hill y [Edgar Douglas] Adrian sobre mi trabajo en biofísica. Ya llevo un mes trabajando y estoy seguro de que ellos están equivocados. Hablé con Bernal y conseguí interesarle en mi teoría del mecanismo muscular y estoy planeando varios experimentos. Aparentemente, A. V. [Hill] y Adrian son incapaces de ver otra aproximación que no sea la de ellos. Siempre me ocurre lo mismo; si hubiese escuchado a todos los críticos y escépticos, nunca habría logrado nada en mi vida.

Poco menos de un mes antes, el 9 de noviembre de 1934, había escrito a Anna, compartiendo con ella la frustración que sentía por haber perdido su laboratorio inglés:

> Recordarás que en Cambridge me llevó mucho tiempo el decidirme a montar un laboratorio, y que el año en que se construyó, mientras yo estaba aún trabajando en el viejo, no fue la época más feliz de mi vida. Rutherford tenía razón, no estoy hecho para trabajos administrativos; para mí es una tortura y sólo lo acepto como necesario. Bajo las condiciones rusas, la construcción de un laboratorio como el mío significaría colosales dificultades administrativas y arruinaría mi vida. Pero sobre todo estoy convencido de que las dificultades serían tan grandes, con mi falta de experiencia de los muy complicados procesos burocráticos, que sería imposible superarlas. Sabes bien qué malhumorado y preocupado me pongo y cómo maldigo con cada malentendido que sufrimos con nuestro coche [...], la construcción y administración de un laboratorio supondría una continua maldición y habría un 99 % de posibilidades de que yo acabase en el asilo para lunáticos.

Por su parte, Anna le escribía desde Cambridge el 11 de noviembre: «Me he vuelto muy independiente y

casi he perdido mi miedo a la gente, lo que me hace muy feliz. La verdad, antes no era tan miedosa, pero el Cocodrilo me ha enseñado cómo ser valiente. Si no tengo miedo de hablar con él, entonces no tengo miedo a nada».

Es fácil comprender la alegría que Kapitza sintió cuando recibió en Leningrado la visita de John Desmond Bernal (1901-1971), cristalógrafo y comunista inglés activo y devoto, encuentro del que informaba a Anna el 1 de diciembre:

> Hoy estuvo lleno de eventos. «Sage» [John Desmond Bernal] llegó con su mujer y charlamos durante un par de horas. Fue agradable escuchar algunos chismorreos ingleses y a mí me animó mucho nuestra conversación. [...] Más tarde me llegó un telegrama de Volgin [secretario de la Academia de Ciencias]. «Venga a la reunión del 4 de diciembre. Mande un cable con su aceptación.» No sé de qué se trata. Durante el té de la tarde oímos la triste noticia del asesinato del camarada Kírov y nos conmocionó mucho. Kírov era muy popular aquí; respetaba la ciencia y estaba lleno de buenas intenciones hacia el mundo académico. Su pérdida será profundamente sentida en Leningrado.

Serguéi Kírov, un destacado político bolchevique, fue asesinado en el edifico del Soviet de Leningrado el mismo día en que Kapitza escribió esta carta. Su asesinato fue precursor de las grandes purgas y del terror de los últimos años de la década de 1930.

Finalmente, a principios de enero de 1936, Anna y sus dos hijos se reunieron con Kapitza en Moscú. Por entonces, se estaba organizando en Cambridge el traslado de la mayor parte, o de duplicados, del instrumental del Laboratorio Mond, que la Universidad de Cambridge había aceptado vender a los soviéticos (por 30.000 libras). Con ese material se construyó en Moscú el Instituto para Problemas

Físicos, con Kapitza de director. A pesar de todo, no podía evitar la pesadumbre de haber abandonado Cambridge, a lo que se unían las dificultades que preveía para poner en marcha el nuevo laboratorio, un sentimiento que compartía con Rutherford en una carta que le envió el 26 de febrero de 1936, en respuesta a otra anterior de él:

> Me siento muy desgraciado aquí, mejor que el año pasado, pero no tan feliz como era en Cambridge. La llegada de Anna me ha dado mucho confort y alegría. El que mi vida familiar se haya reanudado es muy importante porque aquí me encontraba solo, muy solo; la familia es muy importante para mí. Su carta me ha recordado mis años felices en Cambridge y entonces le recordé a usted tal como es, rudo en palabras y maneras y bueno de corazón, tal como me gusta a mí, y esto me hace sentir algo feliz. ¡El paraíso perdido!

Pero la vida suele seguir, adaptándose a las circunstancias que surgen. Y pronto Kapitza reanudó sus investigaciones. De hecho, en 1937, mientras trabajaba con helio líquido descubrió la superfluidez, hallazgo que le reportó en 1978 el Premio Nobel de Física «por sus descubrimientos e inventos básicos en el campo de la física de bajas temperaturas», galardón que compartió con Arno Penzias y Robert Wilson, descubridores de la radiación del fondo de microondas.

ALBERT EINSTEIN: CARTAS A MILEVA*

Es bien sabido que Albert Einstein (1879-1955) tuvo serias dificultades para comenzar su carrera académica. Fue el único de los cuatro estudiantes (además de él, Marcel Grossmann, Jakob Ehrat y Louis Kollrosque) que pasaron los exámenes finales de la Sección VI A en la Eidgenössische Technische Hochschule (Escuela Politécnica Federal, ETH) de Zúrich en julio de 1900 y que no consiguió un puesto de *assistent* (ayudante), el primer escalón en la carrera universitaria. Esperaba llegar a ocupar un puesto con el matemático Adolf Hurwitz o con Eduard Riecke, director de la División de Física Experimental del Instituto de Física de la Universidad de Gotinga, a quien escribió en marzo de 1901. Por entonces estaba convencido de que tenía en su contra a Heinrich Weber, su profesor de varias asignaturas relacionadas con el electromagnetismo en la ETH, a quien jamás perdonó; cuando éste falleció en 1912, Einstein escribió (el 5 de junio de 1912) a su amigo Heinrich Zangger, director del Instituto Anatómico-Fisiológico de Zúrich: «La muerte de Weber es buena para la Escuela Politécnica».

Además de a Riecke, se dirigió, con análogo resultado, a Wilhelm Ostwald, el célebre químico-físico de la Universidad de Leipzig, algunos de cuyos trabajos Einstein estudió en aquella época. El 19 de marzo de 1901 escribía a Ostwald desde Zúrich las siguientes líneas:

Estimado *Herr Professor*:

> Debido a que su trabajo sobre química general me inspiró a escribir el artículo adjunto, me tomo la libertad de enviarle una copia de él. Permítame también preguntarle en esta ocasión si necesita usted un físico matemático familiarizado con mediciones absolutas. Si me permito hacerle semejante pregunta es únicamente porque me encuentro sin ningún medio, y solamente un puesto de este tipo me ofrecería la posibilidad de continuar mi educación.

El artículo al que se refería Einstein era su primer trabajo científico, «Folgerungen aus den Capillaritätserscheinungen» («Conclusiones extraídas del fenómeno de la capilaridad», 1901), en el que se cita a Ostwald.

Incapaz de encontrar un puesto universitario, el joven Einstein tuvo que recurrir a dar clases particulares o hacer sustituciones en colegios, hasta que, en junio de 1902, y con la ayuda del padre de uno de sus antiguos compañeros en la ETH, Marcel Grossmann, consiguió un empleo como técnico experto de tercera clase de la Oficina Federal para la Propiedad Intelectual de Berna. Se sabe algo de esos aproximadamente dos años de desamparo académico a través de las cartas que envió a su novia, la serbia Mileva Maric (1875-1948), compañera suya en la ETH y con la que se casó el 6 de enero de 1903. Al estar alejado de un ambiente académico y no poder, por consiguiente, discutir con investigadores más experimentados, Maric ofrecía a Einstein, y no fue poco, la posibilidad de hablar de física.



Mileva Maric-Einstein y Albert Einstein (Praga, 1911).
© *Colección particular*

Al menos en cuanto a sus deseos de conseguir una educación avanzada, Mileva Maric fue una mujer notable. En toda la historia de la ETH, sólo cuatro mujeres antes que ella se habían matriculado en la Sección VI A. Aquel curso, 1896-1897, únicamente veinte mujeres seguían cursos de ciencias naturales y matemáticas en, por ejemplo, todas las universidades prusianas. En 1900-1901, en Holanda, el primer país en conceder títulos universitarios de Medicina a mujeres, sólo 64 estudiantes femeninas se habían matriculado en Facultades de Ciencias.

Al margen de lo que se ha escrito acerca del supuesto papel que Maric desempeñó en los trabajos de Einstein, carentes de justificación, en la teoría de la relatividad especial, entre otros, me limitaré a ofrecer algunos ejemplos de esa correspondencia, documentos

preciosos para conocer un poco la vida de uno de los científicos más importantes de la historia.[16] Aunque su autor fuese un personaje de ese calibre, en sus cartas a Mileva se expresa como la mayoría de los jóvenes enamorados, máxime cuando sus ilusiones en el campo de la investigación científica no se cumplían. «¿Cómo he podido vivir antes solo —escribía Albert el 14 (?) de 1900— mi pequeño todo? Sin ti me falta el amor propio, el placer del trabajo, la alegría de la vida; en suma, sin ti mi vida no es vida.» En un tono parecido, en una carta del 28 de diciembre de 1901 se lee: «Cuando seas mi querida mujercita haremos trabajo científico celosamente los dos juntos para no convertirnos en viejos burgueses, ¿verdad?». Poco menos de dos semanas antes, el 17 de diciembre, mencionaba que estaba pensando en lo que, cinco años después, culminaría siendo la teoría de la relatividad especial: «Estoy trabajando mucho en una electrodinámica de los cuerpos móviles, que promete convertirse en un tratado capital». Sobre esta cuestión volvía dos días después (19 de diciembre): «Hoy he estado toda la tarde con [Alfred] Kleiner [profesor extraordinario en la Universidad de Zúrich (no confundir con la ETH)] y le he explicado mis ideas sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento».

Con respecto a las lecturas que interesaban a Einstein, la correspondencia entre ambos ofrece bastantes detalles; vemos, por ejemplo, con qué interés y placer estudió obras de Hermann von Helmholtz (acerca de movimientos atmosféricos, el principio de mínima acción en la electrodinámica o la teoría electromagnética de la luz). Así, a primeros de agosto de 1899, aún estudiante, Einstein escribía a

Maric: «Cada vez admiro más la mente original y libre de Helmholtz». También se empapó de Heinrich Hertz («actualmente estoy estudiando en profundidad la propagación de la fuerza eléctrica de Hertz»; ¿10? de agosto de 1899). Y sobre Kirchhoff, leemos (¿29? de julio de 1900): «Me he refugiado desesperado en el Kirchhoff».

En sus cartas también aparece Ludwig Boltzmann, quien pronto se revelaría como uno de los grandes maestros de la física estadística. Refiriéndose sin duda a su tratado sobre la teoría de los gases, Einstein le escribió a Maric (¿13? de septiembre de 1900):

> El Boltzmann es magnífico. Casi lo he terminado. Es un expositor magistral. Estoy firmemente convencido de la corrección de los principios de la teoría; esto es, estoy convencido de que para el caso de los gases se trata realmente del movimiento de masas puntuales discretas de magnitud finita que se mueven según determinadas condiciones. Boltzmann acentúa con mucha razón que las fuerzas hipotéticas entre las moléculas no son un componente esencial de la teoría, puesto que toda la energía es de tipo cinético. Es un paso más en la explicación de los fenómenos físicos.

Asimismo, aparecen referencias a Ernst Mach («dentro de una semana me puedo hacer enviar libros de Helmholtz, Boltzmann y Mach», 10 de septiembre de 1899), cuyo libro *Die Mechanik in ihrer Entwickelung historisch-kritisch dargestellt* (*Desarrollo histórico-crítico de la mecánica*, 1883), como veremos en el siguiente capítulo, desempeñó un papel notable en la génesis de la teoría de la relatividad especial. Otra referencia frecuente fue a Paul Drude: «Tengo en mis manos —escribía a Mileva el 4 de abril de 1901— un estudio de Paul Drude sobre la teoría de los electrones que me viene de perilla, aunque es muy desordenado. Drude

es un tipo genial, no cabe la menor duda». Cabe recordar también el siguiente pasaje de la carta que dirigió a Mileva el 28 de diciembre de 1901, donde se cita al holandés Hendrik A. Lorentz, el muy respetado líder de la comunidad internacional de físicos:

> Michele [Besso] me dio un libro sobre la teoría del éter, escrito en 1895. Parece como si viniese de la Antigüedad, por lo anticuado de sus ideas [el libro era probablemente Theodor Hob, *Die Stellung der Atomenlehre zur Physik des Aethers. Geschichtlich-physikalische Studie* (1885)]. Me voy a poner a estudiar lo que han escrito Lorentz y Drude sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento.

Otro de los físicos en que se fijó Einstein fue Max Planck, aunque en este caso no se tratase de libros, sino de artículos. Recordemos —volveré a este punto en otro capítulo— que en 1900 Planck consiguió encontrar de manera semiempírica una ley para la densidad espectral de la radiación de un cuerpo negro. Al deducirla teóricamente poco después, se vio obligado a introducir una expresión, $E = h \cdot \nu$, que relacionaba la energía, E, con la frecuencia de la radiación, ν; para Planck, esto significaba que el intercambio de energía entre la radiación y las paredes (formadas por osciladores cargados) de la cavidad que albergaba la radiación de cuerpo negro era «a saltos», discontinua, «cuántica». El trabajo de Planck, piedra fundacional de la física cuántica, planteaba severos problemas desde el punto de vista de la coherencia de su deducción con los postulados y teorías básicas de la física entonces conocida, por lo que los físicos de la época lo recibieron con precaución. Einstein fue probablemente uno de los primeros científicos en ocuparse de las ideas de

Planck. De hecho, en una carta (13 o 20 de marzo de 1899) a Maric muestra que el estudio de la radiación figuraba también entre los intereses de Einstein: «Mis cavilaciones sobre la radiación empiezan a ganar consistencia».

Lieserl, la hija perdida de Maric y Einstein

La correspondencia entre Einstein y Maric también revela un hecho llamativo y novedoso: probablemente a mediados de enero de 1902, Maric tuvo una hija de Einstein, llamada Lieserl según las cartas, y de cuya existencia no se había tenido noticia hasta la aparición de esa correspondencia.

La primera referencia al embarazo de Mileva aparece de forma fugaz («¿Qué tal, cariño? ¿Qué hace la niña?») en una carta que Einstein escribió alrededor del 28 de mayo de 1901. A comienzos de julio, posiblemente el día 7, Albert animaba a Mileva:

> Pero alégrate ahora de la decisión irrevocable que he tomado. He decidido lo siguiente acerca de nuestro futuro: me busco *inmediatamente* un trabajo, por pobre que sea. Mis objetivos científicos y mi vanidad personal no me van a impedir aceptar el papel más subordinado que haya. En cuanto lo tenga, me caso contigo y te llevo conmigo sin decirle a nadie ni una palabra hasta que todo esté consumado. Entonces nadie podrá arrojar ninguna piedra contra ti, cariño, y ¡ay de quien se atreva a hacerte algo!

El 12 de diciembre, un día después de que se anunciara la vacante del puesto en la Oficina de Patentes, Einstein empezaba a programar su futuro con Maric en Berna, un futuro en el que no faltaba Lieserl: «Lo único que habría que resolver sería la cuestión de cómo podríamos llevar a nuestra Lieserl

con nosotros; no quiero dejarla fuera de nuestras manos». El 4 de febrero, ya nacida la niña en la casa del padre de Mileva, Einstein, entusiasmado, buscaba noticias acerca de su hija desde Berna: «¿Está sana y llora con fuerza? ¿Qué ojos tiene? ¿A quién de nosotros se parece más? ¿Quién le da la leche? ¿Tiene hambre? Tendrá una bonita calva. ¡La quiero tanto y ni siquiera la conozco! ¿No se le puede hacer una foto cuando tú vuelvas a estar sana? ¿Puede mover ya algo los ojos?».

Pese a los buenos deseos de Einstein, Lieserl no fue a Berna con sus padres (Albert y Mileva se casaron el 6 de enero de 1903). Una carta posterior de Einstein parece indicar que la niña sobrevivió a un ataque de escarlatina en 1903. Más allá de esto, no se tiene información alguna sobre su destino, a pesar de los esfuerzos que se hicieron en su momento por localizar algún documento en Yugoslavia.

La humanidad de los científicos

Estudiar la trayectoria de los científicos deteniéndose únicamente en sus contribuciones a la ciencia está más que justificado, pero son seres humanos con vidas no muy diferentes en lo personal, en lo íntimo, a las de cualquier otra persona. Refiriéndose a la cultura, Erwin Schrödinger, el creador de la mecánica cuántica ondulatoria, expresó de manera magnífica la dimensión humana del científico cuando escribió:

> Nuestra cultura forma un todo. Incluso aquel que tuvo la suerte de dedicarse exclusivamente a la investigación —aparte de que los investigadores no son los únicos que la promueven— no sólo es botánico, físico o químico. Por la mañana habla en la cátedra sobre su especialidad. Por la tarde se sienta en una reunión

> política, escucha y habla sobre otras cosas; otras veces se encuentra en un círculo ideológico, donde la conversación versa sobre diferentes temas. Se leen novelas y narraciones, se va al teatro, se cultiva la música, se hacen viajes, se ven cuadros, esculturas, arquitectura, y, sobre todo, se lee y se habla mucho sobre éstas y otras cosas. En suma, todos somos miembros de nuestro medio cultural.

Albert Einstein no fue una excepción en lo que a humanidad se refiere. Es posible comprobar que indagó en diferentes ámbitos, pero me limitaré a uno, particularmente doloroso: los desencuentros que terminó teniendo con Mileva Maric.

Después de haber conseguido abandonar la Oficina de Patentes de Berna para ocupar un puesto en la Universidad de Zúrich, en enero de 1911 Einstein obtuvo su primera cátedra en la Universidad Alemana de Praga, un lugar que no le gustó demasiado, como se deduce de la carta que envió a su antiguo compañero de la ETH, Marcel Grossmann, el 27 de abril de 1911:

> Después de una difícil jornada llegamos en buena condición y hemos encontrado un bello apartamento. Tengo aquí un magnífico instituto, en el que trabajo muy confortablemente. Por otra parte, es menos hogareño (idioma checo, chinches, agua horrorosa, etc.). Por cierto, los checos son mucho menos peligrosos de lo que se suele pensar. Hasta el momento, apenas conozco a alguno de los colegas. La administración es muy burocrática. Papeleo infinito para fruslerías mezquinas. Petición a la alta vicerrealeza para adjudicar dinero para limpiar las habitaciones del Instituto, etc., *etc.*

De hecho, no estuvo mucho tiempo en Praga: el 30 de enero de 1912 fue nombrado catedrático en su antigua *alma mater*, la ETH de Zúrich, y el 25 de julio, después de cumplir con sus últimas tareas académicas,

abandonaba Praga con su familia en dirección a Suiza.

El regreso a Zúrich, a donde Mileva ansiaba volver, no significó felicidad para la familia Einstein, pues la relación entre Albert y Mileva se deterioró profundamente. La dedicación absoluta de Einstein al problema de la gravedad, cuyas complicaciones no compartía con su esposa pero sí con algunos otros (Grossmann sobre todo), unido a problemas de salud (reumatismo y depresión) de Mileva, no hacían la situación feliz. Por otra parte, Einstein había comenzado unos meses antes a relacionarse más con una prima suya, Elsa Löwenthal (1876-1936), Elsa Einstein de soltera. Divorciada en 1908, Elsa tenía dos hijas, Ilse y Margot, y no podía ser más diferente de Mileva: mientras que ésta era compleja, intelectual y taciturna, Elsa era convencional, disfrutaba de las comodidades y no tenía reparos en actuar como «una buena ama de casa».

En la correspondencia de Einstein que ha sobrevivido, la primera carta que envió a Elsa data del 30 de abril de 1912. La escribió desde Praga, en respuesta a otra de ella (perdida), una semana después de haber regresado de Berlín, en donde Elsa vivía. En ella decía, entre otras cosas:

> No puedo ni siquiera comenzar a decirte lo encariñado que me he vuelto de ti durante esos pocos días. E iré a verte pronto (creo que al final de este semestre), si crees que esto es correcto. Es una pena que no vivamos en la misma ciudad. Desafortunadamente, las probabilidades de que obtenga un puesto en Berlín son bastante pequeñas. […] Pero tal vez llegará el día en que puedas elegir libremente tu lugar de residencia, y…

Poco más de dos semanas después, el 17 de mayo, el ardor de Einstein aumentaba:

> Tu carta me entristece. Los dos somos unos pobres diablos. Cada uno golpeado por deberes de los que no podemos escapar. No puedo decirte lo triste que estoy por ti, y cuánto desearía significar algo para ti. Pero si abandonamos nuestro afecto mutuo, sólo produciría confusión y desgracia. Sabes esto demasiado bien. Pero nunca deberías pensar que te abandono. Te amo y te lo demostré con honradez. De manera que no me pongas a mi madre y a mí en el mismo buzón, ¡te lo ruego! Te lo digo una vez más. Te amo. Sería feliz si se me permitiese caminar unos pocos pasos a tu lado, incluso aunque sólo fuese de vez en cuando, o si de otra manera pudiese estar cerca de ti. Sufro mucho porque no se me permite amar verdaderamente, amar a una mujer a la que únicamente puedo mirar. Sufro más incluso que tú, porque tú sufres solamente por lo que *no* tienes.

No es de extrañar que terminasen siendo amantes. Ni que aumentase la tensión en el hogar de Einstein. Ni que la posibilidad de estar cerca de Elsa ayudase a que Einstein aceptase la oferta de un puesto en Berlín, de la que trataré enseguida.

Einstein llegó a Berlín el 24 de marzo de 1914, sin su mujer e hijos, que estaban siguiendo tratamientos de salud en el Ticino. (Mileva había estado con anterioridad en Berlín, en diciembre, para buscar un piso donde vivir todos.) Como el piso que había elegido Mileva estaba siendo renovado, a su llegada Einstein vivió con su tío Jakob Koch. Cuando a mediados de abril el piso estuvo preparado, la familia al completo se mudó a él. Pero el cambio de residencia no ayudó a mejorar el entendimiento familiar, y a finales de junio Mileva abandonó la casa con los dos niños y se alojó en la espaciosa villa del químico-físico Fritz Haber. A finales de julio, los tres volvían a Zúrich.

En torno al 18 de julio, Einstein le hizo llegar a Mileva, a través de Haber, una carta terrible con un

memorando, que muestra con una crudeza escalofriante hasta dónde llegó el encono entre ambos. Que Albert Einstein, que nos dejó tantos escritos admirables sobre numerosos asuntos sociales y morales, escribiera estas lamentables líneas no sólo nos muestra lo compleja que es la condición humana, sino el lado oscuro —que obviamente existió— del gran físico. En el memorando establecía las condiciones para continuar viviendo en el domicilio familiar:

> Condiciones.
>
> A. Debes asegurarte de:
>
> 1) que mi ropa, limpia y por lavar, se mantenga en buen orden y arreglada,
>
> 2) que recibo mis tres comidas de manera regular *en mi habitación*,
>
> 3) que mi habitación y despacho se mantienen siempre limpios y, en particular, que mi mesa esté dispuesta *sólo para mí.*
>
> B. Renuncias a todas las relaciones personales conmigo en tanto que no sea absolutamente necesario mantenerlas por razones sociales. Específicamente, debes renunciar:
>
> 1) a que me siente en casa contigo,
>
> 2) a que salga o viaje contigo.
>
> C. En tus relaciones conmigo debes aceptar explícitamente adherirte a los siguientes puntos:
>
> 1) No debes esperar de mí intimidad, ni reprocharme en forma alguna.
>
> 2) Debes desistir inmediatamente de dirigirte a mí si te lo pido.
>
> 3) Debes abandonar inmediatamente mi habitación o despacho sin protestar si te lo pido.
>
> D. Aceptas no menospreciarme ni de palabra ni de hecho delante de mis hijos.

El siguiente documento de que disponemos es una carta de Einstein a Mileva, que debió seguir inmediatamente a la respuesta de ésta al recibir el memorando. En ella, Einstein decía:

> Q[uerida] Miza:
>
> Ayer Haber me dio tu carta, de la que deduzco que quieres aceptar mis condiciones. Aun así, debo escribirte de nuevo de manera que entiendas claramente la situación. Estoy preparado para regresar a nuestro apartamento, porque no quiero perder a los niños y porque no quiero que ellos me pierdan a mí, y *sólo* por esta razón. Después de todo lo que ha pasado, una relación de camaradería contigo está fuera de lugar. Debería ser una leal relación de negocios; los aspectos personales deben quedar reducidos al mínimo.

En semejantes condiciones, no es sorprendente que Mileva y los hijos del matrimonio, Hans Albert y Eduard, terminasen por regresar a Zúrich. Ni que la separación terminase en divorcio. Fue Albert quien sacó esta cuestión (Mileva se resistía a esa solución). En una carta a Mileva fechada el 1 de abril de 1916, escribía: «Me he puesto en acción ahora y con tu consentimiento, en principio, he discutido el asunto del divorcio con un abogado. El proceso tiene que realizarse en la corte de Berlín y no debería causarte ninguna molestia ni gasto alguno». Una semana después, el 8 de abril, ampliaba detalles contestando a una carta de ella que no se conoce. Después de referirse a sus hijos («están en un estado físico y mental tan bueno que no deseo nada más. Y sé que esto se debe en su mayor parte gracias a cómo los cuidas»), decía:

> No tendría sentido una conversación entre tú y yo, y sólo serviría para abrir viejas heridas […]. Por lo que sé, el divorcio entre nosotros únicamente puede tener lugar con base en una acusación que proceda de ti [dos artículos del código legal suizo establecían como causa de divorcio cometer adulterio y ruptura total]. Ya que, como yo debo figurar como la parte culpable, y yo no puedo acusarme a mí mismo, ésta parece ser la única posibilidad. La

> primera pregunta es: ¿estás dispuesta en principio a presentar una demanda de divorcio contra mí? Si no es así, entonces las siguientes cuestiones son inaplicables. Me parece que no arriesgas nada haciendo esto, ya que, por supuesto, tú puedes poner las condiciones bajo las cuales estarías dispuesta a divorciarte.

Mileva terminó aceptando, y el divorcio llegó en febrero de 1919; una de las condiciones era que el dinero del Premio Nobel, que no dudaba que Einstein recibiría, iría íntegro a Mileva. Poco después, el 2 de junio de 1919, Einstein se casó con Elsa.

Albert y Elsa no tuvieron hijos, pero ella cuidó bien de su marido, disfrutando de su fama, como se puede comprobar en numerosas fotografías, en las que aparece con Albert y junto a luminarias como Charles Chaplin, Chaim Weitzmann o Rabindranath Tagore. Que Einstein disfrutase igualmente es mucho más dudoso. Existe un documento muy revelador en este sentido: una carta que escribió el 21 de marzo de 1955, muy poco antes de su muerte, al hijo y a la hermana de Michele Angelo Besso (1873-1955), el ingeniero italo-suizo, con quien mantuvo amistad toda su vida, que acababa de fallecer. En ella se lee:

> Ha sido verdaderamente muy amable por su parte darme, en estos días tan tristes, tantos detalles sobre la muerte de Michele. Su fin ha sido armonioso, a imagen de su vida entera, a imagen también del círculo de los suyos. El don de llevar una vida armoniosa raramente va acompañado de una inteligencia tan aguda, sobre todo en la medida en que él la poseía. Pero lo que yo admiraba más en Michele, como hombre, era el hecho de haber sido capaz de vivir tantos años con una mujer, no solamente en paz, sino también constantemente de acuerdo, empresa en la que yo, lamentablemente, he fracasado por dos veces.

Es cierto que Einstein sufrió mucho al verse

distanciado de sus hijos, a los que veía en ocasiones, aunque es evidente que ellos no le perdonaron fácilmente. La relación con Mileva mejoró con la distancia y el tiempo, pero aun así no dejaron de existir momentos crueles, como el que refleja una carta inédita del 24 de octubre de 1925 de Einstein a Mileva (formaba parte de los documentos ofrecidos en la subasta de Christie's de noviembre de 1996, citándose en el catálogo publicado) en la que se lee:

> Cuando leo una carta tuya, me siento como un criminal, especialmente cuando no puedo recordar las circunstancias reales. De hecho, siempre hice todo lo que fue humanamente posible para mejorar y hacer más fácil tu vida. [...] No aprecias nada de lo que hago. Todo lo que saco de ti es insatisfacción y desconfianza. Ya no lo tomo a mal porque creo que estoy tratando con alguien anormal. Me haces reír con la amenaza de tus memorias. ¿No se te ha ocurrido pensar que ni siquiera un gato daría una peseta por semejantes garabatos si no fuese porque el hombre con el que te relacionabas había logrado algo importante? Si una persona es un cero a la izquierda, entonces no hay nada que le puedas reprochar. Sin embargo, uno debería ser agradable y modesto y mantener la boca cerrada; éste es el consejo que te doy. Pero si el diablo no te abandona, entonces, en el nombre de Dios, escribe lo que él quiera que hagas. He tenido que enfrentarme ya con tantas tonterías de otras personas que puedo afrontar las tuyas con calma.

Al tener que enfrentarse con la dureza de la vida, muchas veces inevitable, los seres humanos reaccionan de muy diversas maneras: con desesperación, extrañamiento, violencia o depresión, por citar algunas. Einstein encontró su vía de escape en la ciencia, que para él consistía en la búsqueda de lo objetivo. En este sentido, las siguientes frases, extraídas de un discurso que pronunció el 26 de abril de 1918 durante la celebración del sexagésimo

aniversario de Max Planck en la Sociedad de Física de Berlín, son muy ilustrativas:

> En principio, creo, junto con Schopenhauer, que una de las más fuertes motivaciones de los hombres para entregarse al arte y a la ciencia es el ansia de huir de la vida de cada día, con su dolorosa crudeza y su horrible monotonía; el deseo de escapar de las cadenas con que nos atan nuestros, siempre cambiantes, deseos. Una naturaleza de temple fino anhela huir de la vida personal para refugiarse en el mundo de la percepción objetiva y el pensamiento.

«Dolorosa crudeza», sí, pero también, y acaso sobre todo, «necesaria humanidad».

Historia y destino de las cartas de Einstein a Maric

Dada la naturaleza del presente libro, que indaga en las correspondencias de algunos científicos, no está de más decir algo de la historia de las cartas que Albert y Mileva Maric se intercambiaron.

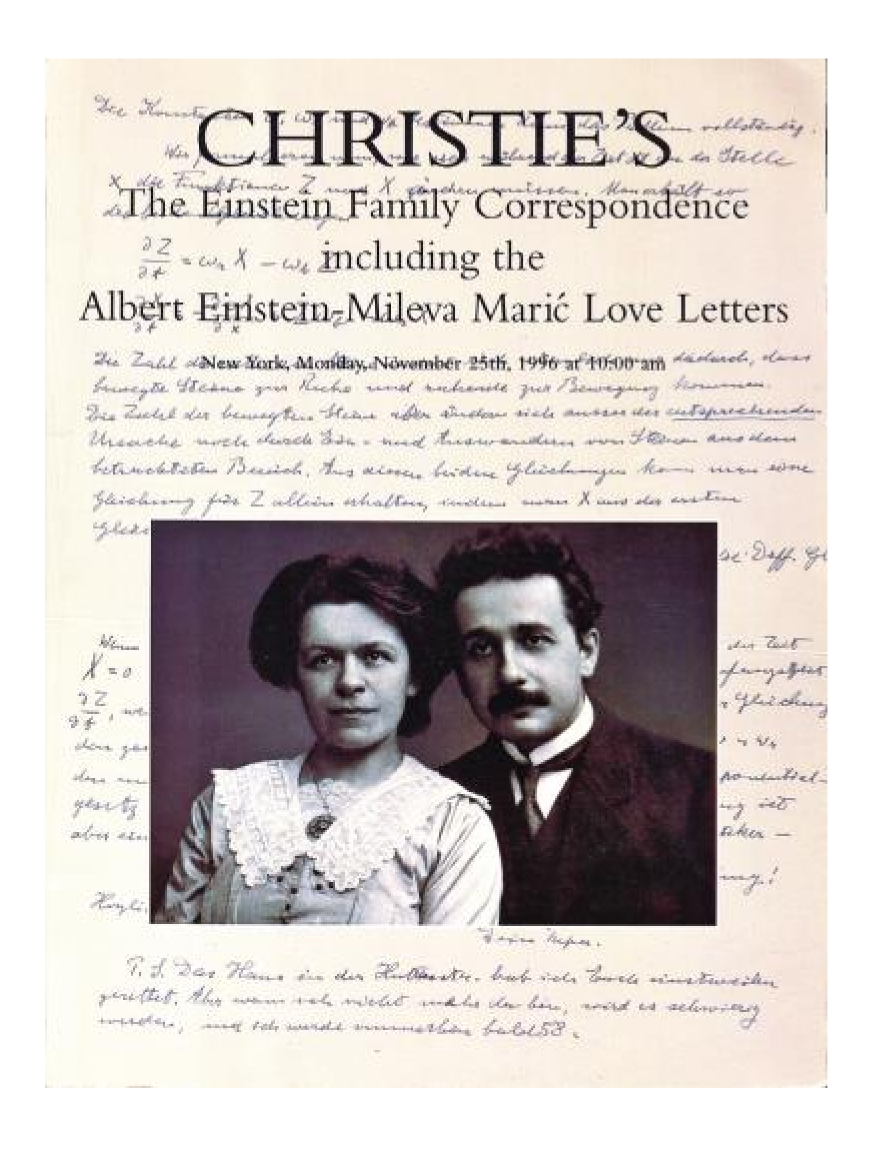
Einstein firmó su último testamento el 18 de marzo de 1950, cuando sus médicos advirtieron que el aneurisma que padecía iba creciendo peligrosamente. En sus últimas voluntades designó como albaceas al economista Otto Nathan (1893-1987) y a Helen Dukas (1896-1982), su fiel secretaria desde abril de 1928: «Doy y lego todos mis manuscritos, *copyrights*, derechos de publicación, *royalties* y acuerdos de *royalties*, y todos mis demás derechos y propiedades literarias, de cualquier y todo tipo de naturaleza, a mis albaceas aquí nombrados […]», especificaba el testamento, de nueve páginas de extensión. En éste también se manifestaba que, en última instancia, todos los derechos y documentos deberían pasar a la

Universidad Hebrea de Jerusalén.

Después de la muerte de Einstein en 1955, Dukas y Nathan se consagraron, durante un cuarto de siglo, a ordenar y completar los fondos escritos de su legado, depositados en la casa de Princeton donde vivió y en la que continuó viviendo Dukas. Gracias a sus esfuerzos, el archivo triplicó su volumen. En 1982, poco después de la muerte de Helen Dukas, los derechos del legado de Einstein se transfirieron a la Universidad Hebrea de Jerusalén, donde finalmente se depositaron los originales (antes habían estado en el Institute for Advanced Study —Instituto para Estudio Avanzado— de Princeton, en el que Einstein fue profesor desde 1933).

La idea de publicar sus trabajos era obvia, y no mucho después del fallecimiento de Einstein, Princeton University Press y Robert Oppenheimer, entonces director del Institute for Advanced Study, propusieron que se editasen sus trabajos científicos. Nathan y Dukas rechazaron la idea, en parte porque previeron el interés de publicar todos los documentos, en especial sus escritos sobre pacifismo y asuntos políticos, tema que el propio Nathan asumió parcialmente, con la ayuda de Heinz Norden, en un libro publicado en 1960 y titulado *Einstein on Peace* (1968). El 22 de febrero de 1971, los albaceas de Einstein firmaron un acuerdo con Princeton University Press para publicar una edición completa de las obras, la correspondencia y otros tipos de documentos de Einstein. Sin embargo, hasta junio de 1976 no se designó a un editor (en el sentido anglosajón, esto es, una persona encargada de dirigir el proyecto): John Stachel, profesor de Física y experto en la teoría de la relatividad general. No obstante, durante dos años el

proyecto estuvo parado debido a diferencias entre los albaceas del legado de Einstein y Princeton Universiy Press, relativos a si Stachel debía ser el único editor o formar parte de una troika. Finalmente, el asunto se resolvió en los tribunales y el proyecto editorial comenzó su andadura bajo la dirección de Stachel.



Christie's, *The Einstein Family Correspondence including the Albert Einstein Mileva Maric Love Letter*.
© *Colección particular*

El primer tomo de *The Collected Papers of Albert Einstein* apareció en 1987; cuando escribo estas líneas han aparecido ya dieciséis gruesos volúmenes (uno en dos partes), que cubren la vida de Einstein hasta mayo de 1926. Estaba a punto de completarse el primer tomo, y por consiguiente de publicarse, cuando aparecieron una serie de cartas familiares. Se incluyeron 51, 41 de Albert a Mileva y 10 de Mileva a él, que mostraban aspectos insospechados de la vida de ambos en sus primeros años de relación. Esas cartas formaban parte de un conjunto mayor, constituido por los fondos documentales que guardaba Mileva Maric en Zúrich, y que a su muerte fueron enviados a su hijo mayor, Hans Albert, residente en Estados Unidos, donde enseñaba en la Universidad de Berkeley. Se completaba con cartas en posesión de Hans Albert (la última, de Albert a Hans Albert, lleva fecha de 28 de diciembre de 1954). Así pues, el conjunto epistolar de aquel fondo estaba compuesto por 430 cartas, que abarcaban todo tipo de asuntos familiares, incluidos los correspondientes a los años de separación y divorcio. Todo este incomparable material salió a subasta el 25 de noviembre de 1996 en la casa Christie's de Nueva York, bajo el rótulo de «The Einstein Familiy Correspondence, including the Albert Einstein-Mileva Maric Love Letters». La suma total obtenida fue de 878.925 dólares, y el lote compuesto por las «cartas de amor» alcanzó el mayor precio, 442.500 dólares.[17]

53

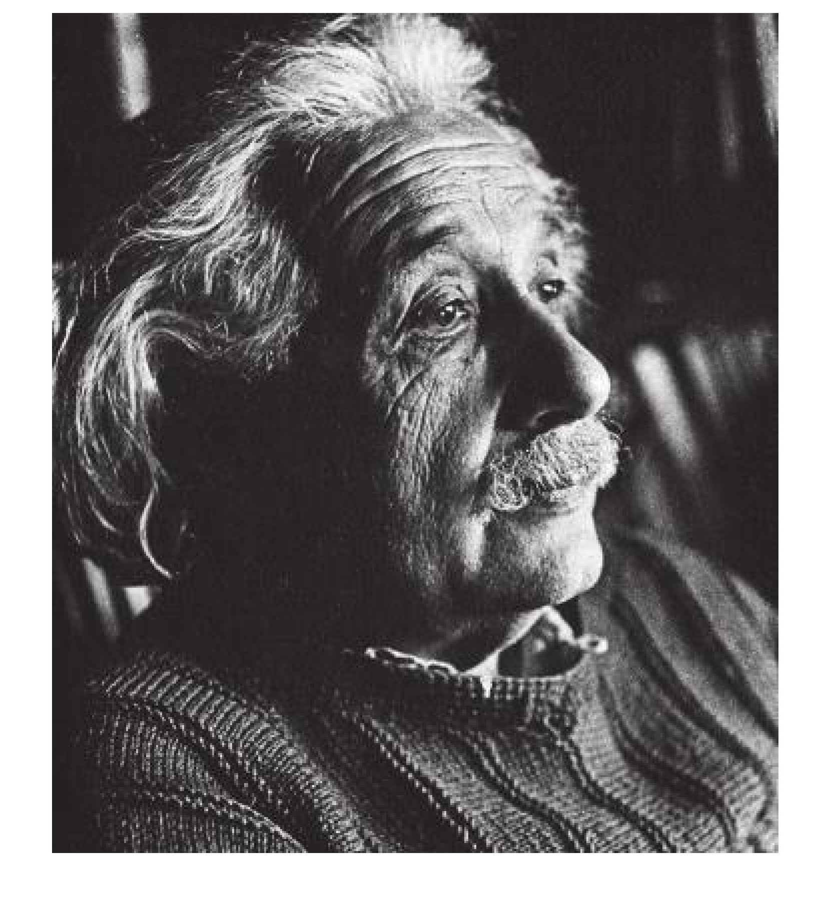
ALBERT EINSTEIN Y LAS TEORÍAS ESPECIAL Y GENERAL DE LA RELATIVIDAD*

Física y filosofía en el origen de la teoría de la relatividad especial

La relación entre ciencia y filosofía se remonta lejos en el pasado, tan lejos que la ciencia nació de la filosofía, tal y como ésta se concibió en la antigua Grecia. Aristóteles fue filósofo y científico, aunque en cuestiones de física y cosmogonía dominó en él la especulación, más que la observación o la cuantificación. Ante semejante conexión, cabe preguntarse cuál fue esa relación cuando la ciencia se configuró tal y como la entendemos en la actualidad; más concretamente, en qué medida los creadores de las grandes teorías científicas se vieron influidos por consideraciones, personajes o teorías procedentes de la filosofía. Albert Einstein constituye un magnífico ejemplo en este sentido, ya que es posible identificar algunas influencias de este tipo en el camino que le llevó a construir su teoría de la relatividad especial (1905).

Tras terminar sus estudios en la Escuela Politécnica Federal (ETH) de Zúrich y verse obligado al final a aceptar en 1902 un empleo en la Oficina de Patentes de Berna, en esta ciudad entabló amistad con Maurice Solovine (1875-1948), un rumano con intereses dispersos (estudiaba en la universidad Filosofía, Literatura y Filología Griegas, además de cursos de matemáticas, física, geología y otro sobre la fisiología de los sentidos en la Facultad de Medicina),

y con Conrad Habicht (1876-1958), un suizo que había ido a Berna a terminar sus estudios académicos de Matemáticas. Los tres solían reunirse en casa de Einstein, y denominaron a su pequeño círculo «Academia Olimpia», una de cuyas actividades era seleccionar libros para leerlos y comentarlos después. Solovine se refirió a esas lecturas en la introducción al volumen con la correspondencia que mantuvo con Einstein entre 1906 y 1955: «Hablando con él un día, le dije: ¿no crees que sería bueno que leyésemos juntos alguna obra de un gran maestro y que discutiésemos sobre los problemas que se tratan en ella? Ésta es una idea admirable, me dijo. Le propuse entonces leer *La gramática de la ciencia*, de Karl Pearson, lo que Einstein aceptó con placer».



Albert Einstein, fotografía de H. Landshoff (1948).
© *H. Landshoff/Alamy/ACI*

Al libro de Pearson le siguieron el *Análisis de las sensaciones* y el *Desarrollo histórico-crítico de la mecánica*, de Ernst Mach (Einstein ya lo había manejado años antes); la *Lógica*, de John Stuart Mill; el *Tratado de la naturaleza humana*, de David Hume; la *Ética*, de Baruch Spinoza; algunas de las conferencias y tratados de Hermann von Helmholtz; capítulos del *Ensayo sobre la filosofía de las ciencias*, de André-Marie Ampère; *Sobre las hipótesis que sirven de fundamento a la geometría*, de Bernhard Riemann; parte de la *Crítica de la experiencia pura*, de Richard Avenarius; *Sobre la naturaleza de las cosas en sí mismas*, de William K.

Clifford; *¿Qué son los números y para qué sirven?*, de Richard Dedekind; *La ciencia y la hipótesis*, de Henri Poincaré, un libro que, señalaba Solovine, «nos impresionó profundamente y nos mantuvo en vilo durante semanas», y bastantes obras más, algunas literarias, como la *Antígona*, de Sófocles; los *Cuentos de Navidad*, de Dickens, y *El Quijote*.

Con respecto a la influencia que tuvieron esos autores en la creación de la teoría de la relatividad especial, destacan dos: el filósofo David Hume (1711-1776) y el físico austríaco Ernst Mach (1838-1916), que hizo contribuciones notables a la filosofía de la ciencia. Una carta que Einstein escribió el 6 de enero de 1948 a Michele Angelo Besso (1873-1955), arroja alguna luz sobre ello:

> Querido Michele:
>
> Tu carta es verdaderamente muy interesante, pero no es tan sencilla de responder. En lo que se refiere a Mach, debo distinguir entre su influencia en general y el efecto que produjo sobre mí. Mach realizó importantes trabajos especializados (por ejemplo, el descubrimiento de las ondas de choque, que se basa en un método óptico verdaderamente genial). Sin embargo, no queremos hablar de esto, sino de su influencia sobre la actitud general en relación con los fenómenos de la física. Su gran mérito es haber flexibilizado el dogmatismo que reinaba en los siglos XVIII y XIX sobre los fundamentos de la física. Trató de mostrar, sobre todo en la mecánica y en la teoría del calor, cómo los conceptos surgen de la experiencia. Defendió con convicción el punto de vista según el cual estos conceptos, incluso los más fundamentales, no extraen su justificación más que de la experiencia, y no son, en modo alguno, necesarios desde el punto de vista *lógico*. Su acción fue particularmente beneficiosa en tanto que mostró claramente que los problemas más importantes de la física no son de naturaleza matemático-deductiva; los más importantes son los que se refieren a los principios básicos. Yo veo su punto débil en el hecho de que creía poco más o menos que la ciencia consistía únicamente en poner en orden el material experimental, es decir, que ignoró el elemento constructivo libre en la elaboración de un

> concepto. De alguna manera pensaba que las teorías son el resultado de un *descubrimiento* y no de una *invención*. Iba incluso tan lejos que consideraba las «sensaciones» no solamente como un material concebible, sino también, en cierta medida, como los materiales de construcción del mundo real; creía poder llenar así el abismo que existe entre la psicología y la física. Si hubiese sido completamente consecuente, no debería haber rechazado solamente el atomismo, sino también la idea de una realidad física.
>
> En lo que se refiere a la influencia de Mach sobre mi pensamiento, ciertamente que ha sido muy grande. Me acuerdo muy bien que fuiste tú quien me llamó la atención sobre su tratado de mecánica y su teoría del calor, en los tiempos de mis primeros años de estudio, y que estas dos obras me produjeron una gran impresión. Hasta qué punto han influido sobre mi propio trabajo es algo que, francamente, no veo claro. Por lo que recuerdo, D. Hume ejerció sobre mí una influencia directa más grande. Lo leí en Berna en compañía de Conrad Habicht y de Solovine. Pero, como acabo de decir, no soy capaz de analizar aquello que quedó anclado en mi subconsciente. Por lo demás, es interesante señalar que Mach rechazó con encarnizamiento la teoría de la relatividad restringida. (Ya no vivía en la época de la teoría de la relatividad general.) Le parecía que la teoría sobrepasaba en especulación todo cuanto está permitido. No sabía que este carácter especulativo pertenece a la mecánica de Newton y, en general, a toda teoría imaginable. No hay más que una diferencia de grado entre las teorías, en la medida en que los caminos [que sigue] el pensamiento desde los principios básicos hasta las consecuencias comprobables por la experiencia son de longitud y complicación diferentes.

Decía que Hume influyó en él más que Mach. Para entender la naturaleza de esta influencia hay que recurrir a la obra cumbre, ya citada, del filósofo escocés, *A Treatise of Human Nature* (1738). Allí, sobre el «espacio» decía que «no tenemos idea de ninguna extensión real sin llenarla con objetos sensibles» y que «la idea de espacio o extensión no es otra cosa que la idea de puntos visibles o tangibles dispuestos en cierto orden». En lo referente al «tiempo», afirmaba:

> Allí donde no tengamos percepciones sucesivas no tendremos noción del tiempo, aunque haya una sucesión real en los objetos. A partir de estos fenómenos, así como de otros muchos, podemos concluir que el tiempo no puede aparecer ante la mente, ni aislado, ni acompañado por un objeto constantemente inmutable, sino que se presenta siempre mediante una sucesión *perceptible* de objetos mudables.

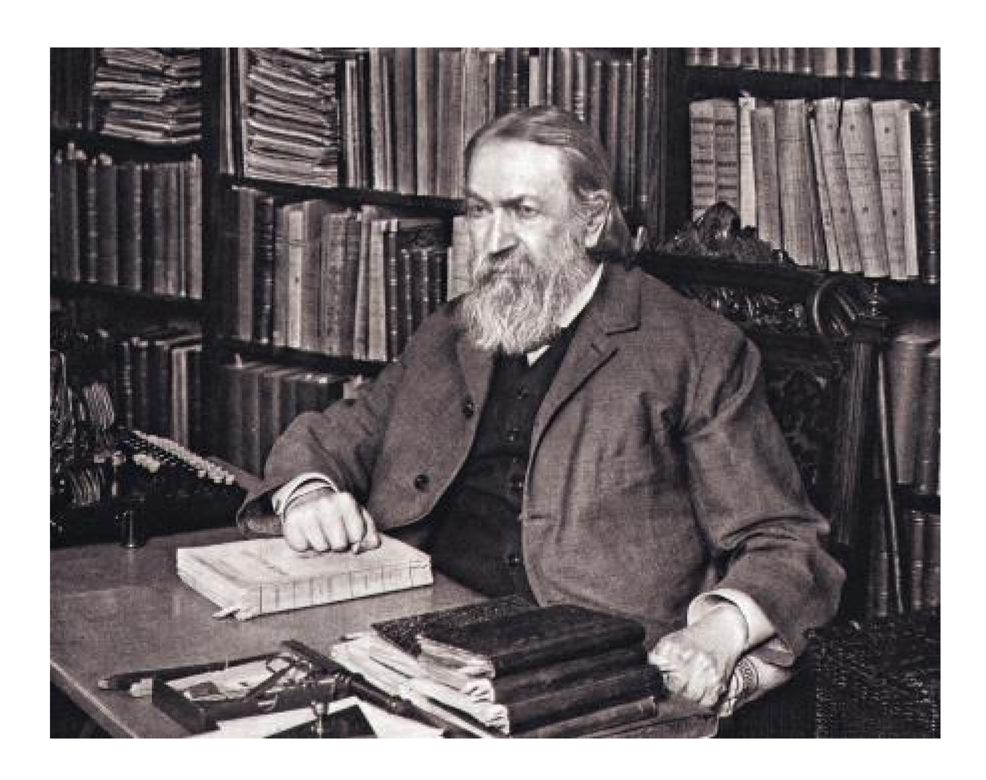
En la carta a Besso, Einstein se mostraba crítico con Mach, aunque reconocía la influencia que ejerció sobre él. No obstante, la misiva en cuestión data de 1948, y, como veremos enseguida, la teoría de la relatividad general distanció a Einstein del físico-filósofo austríaco. Lo que escribió a Moritz Schlick (1882-1936) se acerca más al momento en el que creó la teoría relativista especial. Schlick fue un filósofo que hizo su tesis doctoral bajo la dirección de Max Planck; fundó el influyente Círculo de Viena, del que también formaron parte Rudolf Carnap, Otto Neurath, Herbert Feigl, Philipp Frank, Kurt Gödel, Friedrich Waismann, Karl Menger, Hans Hahn, Edgar Zilsel y Victor Kraft; Hans Reichenbach y Karl Popper estaban relacionados con él (de todos éstos, Carnap, Frank, Gödel, Reichenbach y Popper incluyeron la relatividad einsteiniana en no pocos de sus escritos). En una carta que Einstein dirigió a Schlick —entonces *Privatdozent* de Filosofía en la Universidad de Rostock— desde Berlín el 14 de diciembre de 1915, y en la que comentaba un artículo que éste había publicado sobre el significado filosófico de la teoría de la relatividad [«Die philosophische Bedeutung des Relativitätsprinzips», *Zeitschrift für Philosophie und philosophische Kritik*, 1915], se lee:

> Su presentación de que la teoría de la relatividad se sugiere en el positivismo, aunque sin que se requiera, es [...] muy correcta. En esto también vio usted correctamente que esta línea de pensamiento tuvo una gran influencia en mis esfuerzos, y más concretamente, E. Mach, e incluso más Hume, cuyo *Tratado sobre la naturaleza humana* había estudiado con avidez y con admiración poco antes de descubrir la teoría de la relatividad.

Algunos de los contenidos del también citado *Die Mechanik in ihrer Entwicklung. Historisch-kritisch dargestellt*, de Mach, se acercan bastante a los fundamentos de la teoría de la relatividad especial. En él se criticaban las ideas sobre el espacio y el tiempo desarrolladas por Isaac Newton en su libro de 1687, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, y que consideraba absolutos; por ejemplo, afirmaba que el tiempo era «*absoluto, verdadero y matemático*, en sí y debido a su naturaleza, fluye uniformemente y sin referencia a ningún objeto exterior». Para Mach, sin embargo, «El tiempo es más bien una abstracción a la cual llegamos por la variación de las cosas debido a que no está señalada ninguna medida *determinada*, por estar todas las cosas vinculadas entre sí». Y otro tanto venía a decir acerca del espacio: «Nadie puede decir algo sobre el espacio absoluto o sobre el movimiento absoluto que no sean meras abstracciones sin manifestación posible en la experiencia. Todos nuestros enunciados fundamentales de la mecánica, como lo hemos mostrado detalladamente, son experiencias sobre posiciones y movimientos *relativos* de los cuerpos».

Las ideas que sostenía Mach eran consistentes con la filosofía antimetafísica que defendía, y que resumió especialmente en *Die Analyse der Empfindungen und das Verhältnis des Physischen zum Psychischen* (*Análisis de

las sensaciones y la relación de lo físico con lo psíquico, 1886), donde sostenía que, ya que toda la información que poseemos acerca del mundo exterior procede de las *sensaciones* de nuestros sentidos, éstas deben constituir los elementos básicos sobre los que se construyan las teorías científicas. Para él, el conocimiento científico de la naturaleza debía consistir en encontrar las descripciones más simples posibles de las conexiones o relaciones existentes entre sensaciones.



Ernst Mach.

En la teoría de la relatividad especial que Einstein presentó en 1905, espacio y tiempo eran relativos; dependían del estado de movimiento (inercial) del observador que los medía. Reivindicaban, en este

sentido, tanto a Hume como a Mach.

Einstein, Mach y la teoría general de la relatividad

La teoría de la relatividad general es un edificio teórico que rige únicamente a la fuerza gravitacional, al contrario que la relatividad especial, cuyos principios afectan a todas las fuerzas físicas presentes en la naturaleza. A Einstein le llevó mucho tiempo y esfuerzo completar esa teoría (lo logró en noviembre de 1915); en esa búsqueda, recurrió a una idea que Mach utilizó para combatir el espacio absoluto newtoniano, la de que «una teoría razonable [de] la inercia [...] debería descansar en la interacción de las masas», idea que se denominó «principio de Mach». Así, el 25 de junio de 1913, cuando ya estaba completamente dedicado a establecer una teoría relativista de la gravitación, Einstein escribía al propio Mach:

> Probablemente haya recibido usted recientemente mi nueva publicación sobre relatividad y gravitación, que por fin terminé después de un trabajo inacabable y penosas dudas. El próximo año se verá en el eclipse solar si los rayos de luz son curvados por el sol, o, en otras palabras, si la suposición básica y fundamental de la equivalencia entre la aceleración de un sistema de referencia y un campo gravitacional es realmente válida. Si es así, sus inspiradas investigaciones sobre los fundamentos de la mecánica recibirán —a pesar de las injustas críticas de Planck— una espléndida confirmación. Ya que es una consecuencia necesaria [de mi teoría] el que la inercia tiene su origen en una especie de interacción mutua entre cuerpos, totalmente en el sentido de su crítica al experimento del cubo de Newton.

El astrónomo, protegido por Einstein, Erwin Freundlich (1885-1964) iba a observar desde Rusia el eclipse de sol al que se refería Einstein. La expedición

astronómica se organizó y Freundlich marchó a Rusia, pero con tan mala suerte que el mal tiempo y el comienzo de la Primera Guerra Mundial conspiraron doblemente para que Freundlich fracasara en sus intentos de conseguir las fotografías del eclipse solar. Confiscaron todo su material y lo encarcelaron durante cierto tiempo, hasta que fue canjeado por algunos rusos detenidos en Alemania; a primeros de septiembre de 1914 estaba de nuevo en Berlín. Con el experimento del cubo, Newton pretendía demostrar que el espacio era absoluto.

En una fecha no determinada de la segunda mitad de diciembre de 1913, Einstein escribía de nuevo a Mach:

> Altamente estimado colega:
>
> Su amigable interés en la nueva teoría me hace muy feliz. Desafortunadamente, las dificultades matemáticas con las que uno se encuentra al continuar con estas ideas son también enormes para mí. Estoy tremendamente contento con que el desarrollo de la teoría saque a relucir la profundidad e importancia de sus investigaciones sobre los fundamentos de la mecánica clásica. A fecha de hoy, no puedo entender cómo Planck, a quien por otra parte he llegado a valorar como a ningún otro, puede mostrar tan poca comprensión por sus ideas. Incidentalmente, él también desaprueba mi nueva teoría. No le puedo culpar por esto. Porque el argumento epistemológico es lo único que por ahora puedo avanzar en favor de mi nueva teoría. Me parece absurdo adscribir propiedades físicas al «espacio». La totalidad de las masas produce el campo $g_{\mu}\nu$ (campo gravitacional), que a su vez gobierna el curso de todos los procesos, incluyendo la propagación de los rayos de luz y el comportamiento de las varillas de medir y relojes. En primer lugar, todo lo que sucede se refiere a cuatro variables espacio-temporales *completamente arbitrarias*. [...]
>
> En el futuro próximo, le enviaré varias presentaciones del tema en las que el elemento formal está reducido a un mínimo, haciendo hincapié, tanto como sea posible, en el contenido esencial. Pero no tengo mucho éxito en separar la sustancia de la

forma en estas cosas abstractas.

Con mis mejores deseos para el Año Nuevo, su devoto

ALBERT EINSTEIN

La mención a Max Planck se refería a que éste rechazaba la filosofía operacionalista de Mach, que afirmaba que la ciencia consistía en establecer relaciones entre los datos recibidos por los sentidos. También comentaba el avance al que había llegado en su búsqueda de la teoría relativista de la gravitación, según la cual el campo gravitacional quedaba representado por una geometría curva (riemanniana) descrita por una métrica $g_{\mu}\nu$.

El entusiasmo de Einstein por Mach todavía duraba en 1916, esto es, después de que hubiese llegado (noviembre de 1915) a la formulación final de la relatividad general. El 19 de febrero de 1916 Mach falleció y en el obituario que Einstein preparó sobre él [«Ernst Mach», *Physikalische Zeitschrift*, 1916] escribía:

> No es improbable que Mach hubiera llegado a la teoría de la relatividad si, cuando su mente estaba todavía joven y fresca, la cuestión de la constancia de la velocidad hubiese atraído a los físicos [...]. Sus pensamientos relativos al experimento del cubo de Newton demuestran lo cerca que estuvo su espíritu de exigir la relatividad en general (relatividad de aceleraciones).

Sin embargo, ese entusiasmo desapareció pronto, como demuestra el siguiente intercambio epistolar entre Einstein y Besso.

Einstein a Besso (29 de abril de 1917): «[Friedrich Adler] cabalga el pobre caballito de Mach hasta el agotamiento». (Friedrich Adler era un físico y militante socialista revolucionario, que fundó y dirigió el Partido Socialdemócrata austríaco. El 21 de

diciembre de 1916 asesinó al primer ministro austríaco, el conde Karl von Stürgkh.)

Besso a Einstein (5 de mayo de 1917): «En lo que se refiere al caballito de Mach, no deberíamos insultarlo, puesto que ¿no hizo él posible la infernal jornada a través de las relatividades?».

Y Einstein a Besso (13 de mayo de 1917): «Yo no prorrumpo en invectivas contra el caballito de Mach, pero sabes lo que pienso de él. No puede engendrar nada viviente, sólo puede exterminar parásitos dañinos».

A partir de entonces, y siempre que la oportunidad se lo permitía, Einstein no dejó de mostrar la distancia que le separaba de la filosofía machiana, esto es, de hacer explícito cómo había cambiado su filosofía de la ciencia, epistemología y metodología científicas. Así, en una carta que dirigió a Solovine desde Princeton el 10 de abril de 1938 manifestaba:

> En tiempos de Mach, un punto de vista materialista dogmático ejercía una dañina influencia sobre todo; de la misma forma, en la actualidad el punto de vista subjetivo y positivista ejerce una influencia demasiado fuerte. Se dice que la necesidad de concebir la naturaleza como una realidad objetiva constituye un prejuicio superado, mientras los teóricos cuánticos se vanaglorian. Los hombres son más susceptibles a las influencias que los caballos, y cada período está dominado por una moda, con el resultado de que la mayoría de las personas no son capaces de ver al tirano que les dirige.

No se trataba, sin embargo, de que también él hubiese sucumbido a una moda filosófica imperante cuando era un joven e inexperto estudiante y científico primerizo. No, Hume y Mach realmente habían ayudado a Einstein a elaborar la teoría especial

de la relatividad, así como algunos apartados de la general. Lo que sucede es que, tras haber completado la relatividad general —el logro que más le fascinó (con razón) de los que llevó a cabo en su carrera científica—, Einstein se dio cuenta de que esa construcción teórica se armonizaba mal con los principios machianos: un ente fundamental de la teoría general era el concepto de campo, que no se puede reducir a las sensaciones machianas. Para la teoría de la relatividad especial valían las ideas de Mach, pero, en cierto sentido, esa teoría no constituía sino un primer paso en la explicación científica del mundo. Y cuando se avanzaba por este camino era preciso distanciarse, cada vez más, de los datos empíricos —de las «sensaciones»— que nos suministra la naturaleza. Era necesario, en definitiva lo es, *inventar* —una palabra maldita para Mach— conceptos, que introducimos en nuestras teorías.

La recepción de la teoría general de la relatividad

Einstein tardó varios años en buscar una teoría relativista de la gravitación. En un artículo que publicó en 1907 —una revisión general de la teoría de la relatividad especial— en la revista *Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik* ya aparecieron las primeras indicaciones que marcaban ese propósito: el denominado «principio de equivalencia», que sostenía que, localmente, gravedad y sistema de referencias no inerciales eran equivalentes. Sin embargo, no fue hasta 1911-1912 cuando se dedicó por completo a tratar de encontrar esa teoría. Aquel camino de investigación teórica le exigió muchos esfuerzos, y muchas idas y venidas en las ideas que manejaba,

entre ellas la de la exigencia de si las ecuaciones del campo gravitacional debían ser invariantes (mantener la misma forma) bajo transformaciones arbitrarias de coordenadas (en este caso también se emplea el término «covariante») o no. Estos cambios de idea se aprecian en la carta que Einstein escribía a Ludwig Hopf, que había sido su ayudante en Praga y con quien había colaborado (firmaron dos artículos juntos), el 2 de noviembre de 1913:

> Ahora estoy muy satisfecho con la teoría de la gravitación. El hecho de que las ecuaciones gravitacionales no sea invariantes, que me molestaba tanto hace tiempo, ha demostrado ser inevitable; se puede demostrar fácilmente que no puede existir una teoría con ecuaciones covariantes si se exige que el campo esté completamente determinado por la materia.

El último párrafo quería decir que pensaba, como su todavía adorado Ernst Mach, que la inercia no era sino el «producto» de la interacción de un cuerpo con el resto del universo.

Dos años después, el 25 de noviembre de 1915, Einstein presentó en la Academia Prusiana de Ciencias de Berlín la versión final de la construcción teórica que con tanto esfuerzo había estado buscando, la teoría de la relatividad general, en la que se conservaba la exigencia de invariancia bajo transformaciones arbitrarias de coordenadas (principio de la relatividad general).

Casi todos los físicos de élite de la época aceptaron y admiraron la nueva teoría de Einstein. A la cabeza de ellos estaba Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928), quien, a pesar de lo mucho que estaba entroncado con la física del siglo XIX, había sabido adaptarse y entender la nueva física, hasta tal punto

que sus colegas respetaban y buscaban sus opiniones. Aunque Lorentz tardó en aceptar la relatividad especial, no ocurrió lo mismo con la relatividad general, como podemos ver en una carta (conservada en el Archivo para la Historia de la Física Cuántica, depositado en la American Philosophical Society de Filadelfia) que su discípulo el físico holandés Adriaan Fokker dirigía a Niels Bohr, el 3 de febrero de 1916, poco después de que Einstein llegase a su solución definitiva. En ella expresaba opiniones que compartían muchos de sus colegas:

> Recientemente Einstein ha acabado su teoría de la gravitación. Encontró la manera de poner sus ecuaciones en una forma absolutamente covariante y de explicar el movimiento secular del perihelio de Mercurio. Lorentz se ha entusiasmado *mucho* [con la teoría de Einstein] después de un período de duda y cálculos de prueba. Ehrenfest cree que tal vez después de cien años se demostrará que el descubrimiento de Einstein ha tenido, con mucho, más importancia que esta guerra [la Primera Guerra Mundial] sin final.

En una carta del 6 de junio de 1916, Lorentz informaba a Einstein de lo siguiente:

> En los últimos meses me he estado ocupando mucho de su teoría de la gravitación y teoría general de la relatividad y también he dado clases sobre ella, lo que me resultó muy útil. Ahora creo que comprendo la teoría en toda su gloria; examinándola con más cuidado fui capaz de superar toda dificultad que encontré. También he tenido éxito en deducir sus ecuaciones del campo […] del principio variacional, aunque todavía me falta un pequeño detalle en la deducción, que requiere lo que considero largos cálculos.

La relatividad general y la fama mundial de Einstein

La relatividad general le dio a Einstein no sólo prestigio entre sus colegas, sino también, pocos años después de su creación, en toda la sociedad mundial.

Así, el 6 de noviembre de 1919 tuvo lugar una reunión conjunta de la Royal Society y la Royal Astronomical Society en el edificio Burlington House de Londres, muy cerca de Piccadilly Circus, a la que acudieron muchas personas, principalmente los miembros de ambas sociedades científicas. Estuvo presidida por J. J. Thomson, presidente de la Sociedad y *master* del Trinity College de Cambridge desde marzo de 1918 (hacía pocos meses que había dejado la dirección del Laboratorio Cavendish; le sustituyó Ernest Rutherford). La reunión se había convocado para comunicar los resultados de las observaciones realizadas por una expedición científica británica a la isla Príncipe, en África, y a Sobral, en el norte de Brasil, con motivo del eclipse de sol del 29 de mayo. La idea de la expedición había surgido de Frank Dyson, el astrónomo real inglés, y a ella se sumó Arthur Eddington (1882-1944), catedrático de Astronomía en la Universidad de Cambridge. Su propósito era comprobar si se verificaba la predicción de la relatividad general que indicaba que, en tanto que los rayos de luz interaccionan con los campos gravitatorios, debía producirse una curvatura de los rayos de luz provenientes de una estrella, en este caso de magnitud 1,75 segundos de arco en las proximidades de la superficie del Sol. Para verificarlo era imprescindible un eclipse total de Sol: al ocultar la Luna la luz solar, si se observa la luz emitida por las estrellas situadas detrás del disco solar, como la atracción gravitacional (del Sol en este caso) hace que los rayos de luz se curven, se detecta para las estrellas

una posición diferente a la que se obtiene cuando el Sol no se halla entre la Tierra y ellas; esa diferencia entre las dos posiciones es lo que predice la teoría de la relatividad general, y los resultados obtenidos en la expedición británica concordaban con los deducidos en la teoría einsteiniana.

die mich zuerst eingeladen hat. Wenn Sie nur nach Amerika schreiben wollen, so erreicht mich ein Brief an das Bankhaus Kuhn Loeb, New York.

L. Solovine! Ich bin auch kein Vaterländler und glaube zuversichtlich, dass die Juden durch die Kleinheit und Abhängigkeit ihrer Palästina-Kolonie vom Macht-Koller zurückgehalten werden.

L. Solovine, ich plauderte gern mehr mit Ihnen, aber ich bin gehetzt wie ein Hase und muss Minuten schinden. Seien Sie einstweilen herzlich gegrüsst von Ihrem

A. Einstein.

Extracto de una carta de Einstein a Maurice Solovine, 16 de marzo de 1921.
© 2009, Princeton University Press

El 7 de noviembre, el día después de la reunión

en la que se presentaron los resultados del eclipse, *The Times* anunciaba:

«REVOLUCIÓN EN CIENCIA
Nueva teoría del universo
Ideas newtonianas desbancadas»

La ola de artículos periodísticos aumentó; el mismo Einstein contribuyó ocasionalmente con algún trabajo, como el que el propio *The Times* londinense publicó el 28 de noviembre. Al principio, donde más atención se prestó a las nuevas ideas einstenianas del espacio-tiempo gravitacional fue sobre todo en Gran Bretaña, Estados Unidos y Alemania, pero pronto el «fenómeno Einstein» se extendió a otras naciones (en Francia, por ejemplo, aparecerían artículos sobre la relatividad en revistas como *L'Echo de Paris*, *L'Ere Nouvelle*, *Le Figaro*, *La France*, *L'Humanité*, *Le Temps*, *L'Internationale* y otras muchas). Sin pretender ser exhaustivo, presentaré a continuación algunos ejemplos que muestran el grado de atracción de las ideas einstenianas después de 1919.

El 1 de diciembre de 1919, menos de un mes después de la reunión de Burlington House, Eddington escribía a Einstein una carta que habla por sí sola:

> Querido profesor Einstein:
>
> Constituyó un gran placer recibir su carta desde Holanda y estar en comunicación personal con usted. […]
>
> Nuestros resultados fueron anunciados el 6 de noviembre, y probablemente ya sabe usted que desde entonces toda Inglaterra ha estado hablando de su teoría. Ha producido una impresión tremenda; y aunque el interés popular se amortiguará, existe un inequívoco entusiasmo en los círculos científicos y acaso más en particular en esta universidad [Cambridge].
>
> Es lo mejor que posiblemente ha podido suceder para las

relaciones científicas entre Inglaterra y Alemania. No anticipo un rápido progreso hacia una reunión oficial, pero existe un gran avance hacia un estado mental más razonable entre los científicos, y esto es incluso más importante que la reanudación de relaciones formales.

He estado muy interesado en el trabajo del Prof. Weyl, que elimina algunos de mis prejuicios contra sus «opiniones cosmológicas» de la curvatura espacial.[18] Todavía no domino completamente las matemáticas de Weyl, pero parece que conducen casi inevitablemente a sus términos cosmológicos.

He estado muy ocupado dando conferencias y escribiendo sobre su teoría. Mi *Report on Relativity* se ha agotado y ahora se está volviendo a imprimir. Esto demuestra un ansia de conocer el tema, ya que no es un libro fácil de digerir. Hace algunos días tuve una enorme audiencia en la Cambridge Philosophical Society y cientos fueron rechazados incapaces de acercarse a la sala.

Aunque parece injusto que el Dr. Freundlich, que fue el primero en este campo, no haya tenido la satisfacción de lograr la prueba experimental de su teoría, uno siente que el resultado de todo esto ha sido muy afortunado al dar una lección de solidaridad de la ciencia alemana y la británica incluso en tiempo de guerra.

Eddington se equivocaba en una cosa: que el interés popular por las teorías de Einstein disminuiría. Una década después de la anterior carta, el 11 de febrero de 1929, Eddington informaba a Einstein:[19] «Le divertirá saber que uno de nuestros grandes almacenes de Londres (Selfridges) ha pegado en el escaparate su trabajo (las seis páginas pegadas lado a lado) de forma que los transeúntes puedan leerlo al pasar. ¡Grandes multitudes se agrupan para leerlo!». El artículo en cuestión se refería a una de las versiones de la teoría del campo unitario que Einstein produjo. De hecho, la fama mundial nunca abandonó a Einstein.

¿LA TENTACIÓN DE LA POLÍTICA? ¿EINSTEIN PRESIDENTE DE ISRAEL?*

Albert Einstein era judío, pero su relación con las tradiciones hebreas no fue intensa, especialmente durante su juventud. A pesar de que su certificado de nacimiento identificaba a sus padres, Hermann (1847-1902) y Pauline (1858-1920; Koch era su apellido de soltera), como «pertenecientes a la fe israelita», ninguno era religioso ni seguían las costumbres judías. Como en tantos otros casos de la Alemania del siglo XIX y primeras décadas del XX, los Einstein eran, se consideraban o pretendían ser, «judíos asimilados» y se esforzaban por no distinguirse de cualquier otro alemán. Por lo que se sabe de ellos, sus deseos no iban más allá de una asimilación que permitiese vivir, ejercer libremente, sin obstáculos, una profesión. Este hecho lo denotan los nombres que dieron a sus dos hijos, Albert y María, Maja (1881-1951), lejos de los tradicionales Jakob, David, Abraham o Ruth.

Parece que los sentimientos nacionalistas, judíos o alemanes, no representaban mucho para los padres de Einstein, y mucho menos aún para su hijo, que mostró con frecuencia toda su vida lo poco que estimaba los nacionalismos. El 3 de abril de 1935, respondió a un tal Gerald M. Donahue, un estadounidense que le había escrito citando una frase que el *New York Herald Tribune* había atribuido a Einstein («No hay judíos alemanes; no hay judíos rusos; no hay judíos americanos; sólo hay judíos»): «En última instancia, toda persona es un ser humano, independientemente de si es un americano o un alemán, un judío o un gentil. Si fuese posible obrar según este punto de vista,

que es el único digno, yo sería un hombre feliz». Es bien sabido que renunció a la nacionalidad alemana muy joven, permaneciendo apátrida hasta que en 1901 logró la ciudadanía suiza, la única que valoró a lo largo de su vida. En este sentido, el 7 de junio de 1918 escribía a Adolf Kneser, catedrático de Matemáticas en la Universidad de Breslau, actualmente Wroclaw, en Polonia:

> Me duele cuando se abusa de mi nombre y mi trabajo para propaganda chauvinista, como sucede frecuentemente últimamente. Esto está fuera de lugar objetivamente. Por herencia soy un judío, por ciudadanía un suizo y por mentalidad un ser humano, y *sólo* un ser humano, sin apego especial alguno por ningún Estado o entidad nacional.

Fue la persecución que sufrían los judíos, una persecución que no comenzó con Hitler (con él llegó a extremos absolutamente insoportables), lo que le acercó a ellos. «Cuando vivía en Suiza, no me daba cuenta de mi judaísmo», respondió en una entrevista publicada en el *Sunday Express* el 24 de mayo de 1931. Continuaba:

> No había nada allí que suscitase en mí sentimientos judíos. Todo eso cambió cuando me trasladé a Berlín. Allí me di cuenta de las dificultades con que se enfrentaban muchos jóvenes judíos. Vi cómo, en entornos antisemitas, el estudio sistemático, y con él el camino a una existencia segura, se les hacía imposible.

La primera gran manifestación pública de la relación de Einstein con lo que se puede denominar «causa nacionalista judía» se produjo en abril de 1921, cuando visitó Estados Unidos para conseguir donaciones para el fondo de reconstrucción judío *Keren Hayessod* y para contribuir a la creación de la Universidad Hebrea en Jerusalén, cuya primera piedra se había depositado el 24 de julio de 1918. La idea de que Einstein ayudase en la empresa de fundar tal universidad venía de antes, pero se hizo firme el 16 de febrero de 1921, cuando Chaim Weizmann

(1874-1952), presidente de la Organización Mundial Sionista, notable químico de la Universidad de Mánchester y futuro primer presidente del Estado de Israel (fue elegido el 16 de febrero de 1949), pidió al destacado sionista Kurt Blumenfeld que invitase en su nombre a Einstein a acompañarle en una visita a Estados Unidos para recaudar fondos para la Universidad Hebrea. Cuatro días después, Blumenfeld telegrafiaba a Weizmann: «Einstein preparado para unirse a usted hacia América, sigue carta».

En una carta fechada el 9 de marzo, Einstein le explicaba los motivos de su aceptación a Fritz Haber, un ferviente patriota alemán, aunque tenía origen judío:

> Querido amigo Haber:
>
> Lo que sucedió relativo al viaje americano, que ya no puede cambiarse bajo ninguna circunstancia, es lo siguiente. Hace un par de semanas, cuando nadie estaba pensando en los acontecimientos políticos, un sionista al que valoro mucho vino a verme con un telegrama del Prof. Weizmann, cuyo contenido era que la organización sionista me invitaba a viajar a América con unos pocos sionistas alemanes e ingleses para consultar acerca de los asuntos educativos en Palestina. No me necesitan por mis habilidades, por supuesto, sino sólo por mi nombre. Anticipan que su poder promocional acarreará un éxito considerable gracias a nuestros ricos compañeros de clan en Dollaria. A pesar de mi declarada mentalidad internacional, todavía me siento obligado a hablar en favor de mis perseguidos y moralmente oprimidos compañeros de clan, tanto como lo permitan mis fuerzas. De manera que acepté con alegría, sin considerarlo siquiera durante cinco minutos, incluso aunque acababa de rechazar todas las ofertas de universidades americanas [...]. La perspectiva de establecer una universidad judía me agrada especialmente, después de ver recientemente incontables ejemplos de con cuánta perfidia y brutalidad están siendo tratados aquí jóvenes judíos con el propósito de desproveerlos de toda oportunidad educativa. [...]
>
> Ninguna persona razonable me puede acusar de deslealtad hacia mis amigos alemanes. He rechazado muchas atractivas ofertas de Suiza, Holanda, Noruega e Inglaterra, sin pensar

> siquiera en aceptar ninguna de ellas. Hice esto, por cierto, no por ningún apego a Alemania, sino a mis queridos amigos alemanes, entre los cuales usted es uno de los más excepcionales y bien intencionados. Cualquier afinidad por la estructura política de Alemania será antinatural en un pacifista como yo.

Aquel primer viaje de Einstein a Estados Unidos fue un éxito. Multitudes se reunieron para recibirlo. Aquella experiencia reforzó su relación con el mundo judío, pero ¿qué pensaba sobre la posibilidad de que se crease un Estado judío? En un discurso («Nuestra deuda con el sionismo») que pronunció en Nueva York el 17 de abril de 1938, con motivo de un acto organizado por el Comité Nacional de Trabajo para Palestina, reconocía que «el pueblo judío ha contraído una deuda de gratitud con el sionismo. El movimiento sionista ha revivido entre los judíos el sentimiento comunitario, y ha llevado a cabo un esfuerzo que supera todas las expectativas», y también que los judíos se encontraban en una situación difícil en Palestina: «Los campos que se cultivan durante el día han de tener protección armada durante la noche, a causa de los ataques de bandidos árabes fanáticos». Pero, aun así, Einstein tenía más cosas que decir:

> Quiero agregar unas pocas palabras, a título personal, acerca de la cuestión de las fronteras. Desearía que se llegase a un acuerdo razonable con los árabes, sobre la base de una vida pacífica en común; me parece que esto sería preferible a la creación de un Estado judío. Más allá de las consideraciones prácticas, mi idea acerca de la naturaleza esencial del judaísmo se resiste a forjar la imagen de un Estado judío con fronteras, un ejército y cierta cantidad de poder temporal, por mínima que sea. Me aterrorizan los riesgos internos que se derivarían de tal situación para el judaísmo; en especial los que surjan del desarrollo de un nacionalismo estrecho dentro de nuestras propias filas, contra el que ya hemos debido pelear con energía, aun sin la existencia de un Estado judío.

Prácticamente una década antes, el 25 de noviembre de 1929, había escrito a Weizmann: «Si no

logramos encontrar el camino de la honesta cooperación y acuerdos con los árabes, es que no hemos aprendido nada de nuestra vieja odisea de dos mil años, y mereceremos el destino que nos acosará».

Su solidaridad con el pueblo judío y la fama mundial de que llegó a gozar explican que, en noviembre de 1952, tras la muerte de Weizmann, el primer presidente del Estado de Israel, Einstein recibiese la oferta de sucederle en el cargo. Merece la pena citar los primeros pasajes de la carta (fechada el 17 de noviembre de 1952) en la que Abba Eban, entonces embajador de Israel en Estados Unidos, hizo el ofrecimiento:

> Querido profesor Einstein:
>
> El portador de esta carta es Mr. David Goitein de Jerusalén, que está sirviendo ahora como ministro en nuestra embajada en Washington. Le lleva a Vd. la cuestión que el primer ministro Ben Gurion me pidió le transmitiese; a saber, si Vd. aceptaría la presidencia de Israel, en el caso de que le fuese ofrecida por un voto del Knesset. La aceptación significaría trasladarse a Israel y adoptar su nacionalidad. El primer ministro me asegura que, en tales circunstancias, el Gobierno y el pueblo, que son totalmente conscientes del significado supremo de su labor, le proporcionarían facilidad y libertad completa para continuar su gran trabajo científico.

Un día más tarde, Einstein rechazaba la oferta:

> Estoy profundamente conmovido por la oferta de nuestro Estado de Israel, y al mismo tiempo apesadumbrado y avergonzado de no poder aceptarla. Toda mi vida he tratado con asuntos objetivos; por consiguiente, carezco tanto de aptitud natural como de experiencia para tratar propiamente con personas y para desempeñar funciones oficiales. Sólo por estas razones me sentiría incapacitado para cumplir los deberes de ese alto puesto, incluso si una edad avanzada no estuviese debilitando considerablemente mis fuerzas. Me siento todavía más apesadumbrado en estas circunstancias porque desde que fui completamente consciente de nuestra precaria situación entre las naciones del mundo, mi relación con el pueblo judío se ha convertido en mi lazo humano más fuerte.

El 21 del mismo mes de noviembre, Einstein

revelaba una razón suplementaria a Azriel Carlebach, director de *Ma'ariv*: «También pensé en la difícil situación que podría surgir si el Gobierno o el Parlamento tomasen decisiones que pudiesen crear un conflicto con mi conciencia, ya que el hecho de que uno no pueda influir realmente en el curso de los acontecimientos no le exime de responsabilidad moral».

OLIVER LODGE Y JOSEPH LARMOR, LA VIEJA GUARDIA, Y LA RELATIVIDAD*

Aunque las teorías especial y general de la relatividad constituyeron —sobre todo la primera— la culminación de la «física clásica», ambas introdujeron elementos que chocaban con conceptos o con instrumentos matemáticos bien anclados en la visión que tenían hasta entonces de la física casi todos los físicos. Un magnífico ejemplo en este sentido es el de Oliver Lodge, con quien ya nos hemos encontrado al considerar el espiritismo.

Lodge, el éter y la teoría de la relatividad especial

Como buen maxwelliano, un concepto básico para Lodge era el de «campo» electromagnético, o más bien el casi equivalente «éter», el medio a través del cual se transmitía, según Maxwell, la interacción electromagnética. Así, en el Prefacio de un libro en el que pretendía resumir su filosofía, *My Philosophy* (1933), Lodge escribió:

> El éter del espacio ha sido el estudio al que he dedicado mi vida, y constantemente he urgido a que se le preste atención. He vivido a través de la época de lord Kelvin, con sus modelos mecánicos de un éter, hasta el día en que para algunos físicos el universo parece disolverse en matemáticas, y que consideran la idea de un éter superflua, si no despreciable. Siempre tuve la intención de escribir algún día un tratado científico sobre el éter del espacio; pero cuando en mi ancianidad me puse a escribir este libro, me di cuenta de que el éter penetraba todas mis ideas, tanto las de este mundo como las del siguiente. Ya no podía mantener mi tratado dentro de los confines científicos; escapaba en todas las direcciones, y ahora ha crecido convirtiéndose en una afirmación completa de mi filosofía.

Lodge no era en absoluto el único físico británico tan apegado al concepto de éter; muchos otros compartían semejante visión. Éste era el caso, por ejemplo, de J. J. Thomson, director del Laboratorio

Cavendish de Cambridge y el primer científico que identificó (1897) la existencia del electrón, la partícula cargada que existe en toda la materia. En la conferencia inaugural que pronunció en el congreso de la British Association for the Advance of Science celebrado en Winnipeg en 1909, Thomson manifestaba: «El éter no es una creación fantástica del filósofo especulativo; es tan esencial para nosotros como el aire que respiramos».

El problema surgió para Lodge cuando estudió la teoría de la relatividad especial, que ciertamente conservaba la electrodinámica maxwelliana (fue el primer ejemplo de teoría relativista), pero no contemplaba el concepto de éter (o campo). Muy al contrario, lo descartaba. Recordemos el párrafo que Einstein incluyó en la introducción a su artículo de 1905, «Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento» (*Annalen der Physik*), en el que presentó la que luego se denominaría «teoría de la relatividad especial»:

> La introducción de un «éter luminífero» se mostrará superflua, puesto que la idea que se va a desarrollar aquí no requerirá un «espacio en reposo absoluto» dotado de propiedades especiales, ni asigna un vector velocidad a un punto del espacio vacío donde están teniendo lugar procesos electromagnéticos.

Se puede apreciar lo que Lodge pensaba de esta teoría einsteiniana en una carta que envió el 21 de febrero de 1915 a su amigo Arthur Hill, a quien le unía un profundo interés por los supuestos fenómenos espiritistas, como hemos visto. (La carta la escribió antes de que Einstein completase, en noviembre de aquel mismo año, la teoría general; es razonable pensar que Lodge desconocía sus imperfectas presentaciones anteriores, ya que Einstein trabajaba en Alemania y Lodge en Inglaterra, naciones por

entonces enfrentadas en la Gran Guerra):

> Con respecto al principio de relatividad, es un asunto mucho más técnico de lo que pueda pensar. Me temo que me llevaría demasiado explicarlo, aunque me gustaría ofrecerle un apunte. No es una cuestión de mecánica elemental sobre el movimiento relativo de un cuerpo con respecto a otro, es algo fundamental, parecida en este respecto a la disipación de la energía. Se originó en Alemania [de hecho, fue en Berna, Suiza, donde trabajaba entonces Einstein], pero ha captado la atención en muchas partes del mundo, y se han escrito sobre ella extensos libros, así como mucha matemática, alguna de ésta de alto nivel; pero para obtener alguna idea de ella no es necesario entrar en todo esto. Expresado brevemente, se puede decir que puede ser considerada como una revolución contra la existencia del éter del espacio, aunque también tiene que ver con las relaciones entre éter y materia. La velocidad de la luz es su dato fundamental, y su fundamento son sobre todo dos experimentos negativos que se oponen entre sí; uno por [Albert Abraham] Michelson y [Edward] Morley en América, y otro, sobre el que se pone mucho menos énfasis, por mí mismo en Liverpool. Por «experimentos», no necesito decir que no me refiero a algo sencillo, sino al resultado de dos o tres años de trabajo en el laboratorio, y muchos aparatos especiales. El objetivo era averiguar si el éter se mueve con la Tierra o no. Mi experimento dice «no», el de Michelson y Morley supuestamente dice «sí».
>
> Pero existe una salida por la puerta trasera para esto; y por esa puerta trasera fuimos algunos. [Joseph] Larmor, por ejemplo, y [John Henry] Poynting, y yo. Sin embargo, la gente de la «relatividad», inicialmente Einstein en Alemania, cerró de golpe esa puerta trasera, y no dijo «sí», pero abrió una nueva salida: que el éter no existe, o al menos que nunca podremos saber nada de él; que todo lo que podríamos saber es el movimiento relativo de materia con respecto a materia; y que el movimiento absoluto, o el movimiento con respecto a algo, no la materia, no tiene sentido. A lo cual yo respondo, popularmente, «Entonces, Galileo sufrió en vano».

Y después de algunos comentarios más, añadía:

> Al hablar de Einstein y de otros defensores de la doctrina, debo añadir que son matemáticos y gente brillante, y no deben ser dejados de lado a la ligera; esto es lo que ha causado que su doctrina se haya afirmado.

Seguramente Einstein —y también su antiguo profesor en el Politécnico de Zúrich, Hermann

Minkowski— habría sonreído al ser considerado como un brillante matemático, ya que su formulación de la relatividad especial no requirió altas matemáticas, como se puede apreciar tan sólo hojeando «Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento» (la relatividad general fue otra cosa).

En cuanto a los experimentos que Lodge mencionaba, y que hicieron mucho por impulsar su reputación como un brillante físico experimental (publicó sus resultados entre 1891 y 1893), terminaron por entenderse en términos de la propia teoría de la relatividad especial, la formulación que contenía elementos que él pretendía refutar.

Lodge y la teoría de la relatividad general

El 25 de noviembre de 1915, Albert Einstein completó la teoría relativista de la gravitación, a la que se había dedicado plenamente desde 1911. La mayoría de los físicos de élite de la época aceptaron y admiraron la teoría. El primero y el más respetado de todos fue Hendrik Antoon Lorentz, que, a pesar de lo entroncado que estaba con la física del siglo XIX, había sabido adaptarse y entender la nueva física, hasta tal punto que sus colegas apreciaban y buscaban sus opiniones.

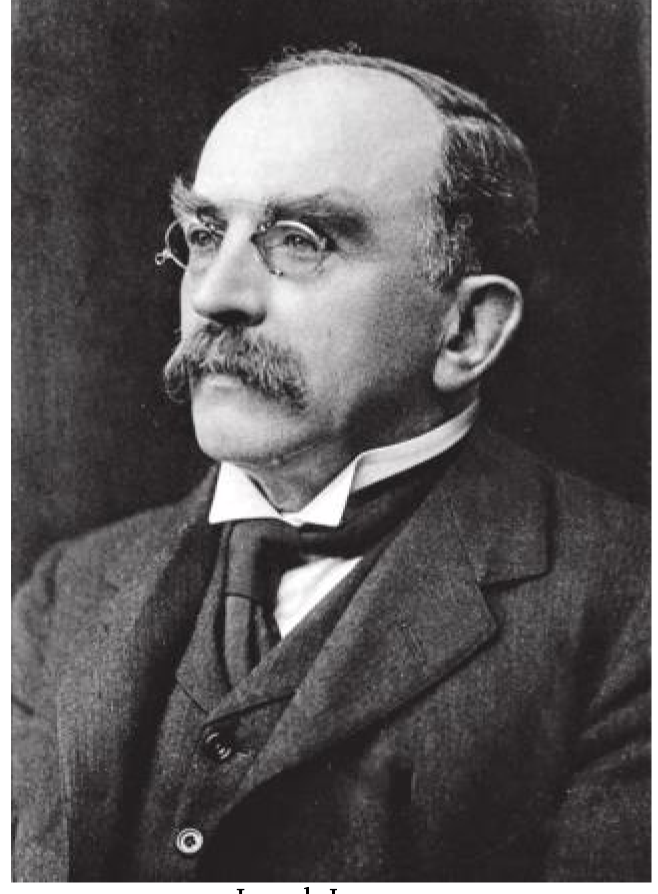
Al contrario que Lorentz, bastantes físicos de la «vieja guardia» fueron incapaces de abandonar totalmente el marco de la física decimonónica. Otro ejemplo en este sentido lo proporciona Joseph Larmor (1857-1942), catedrático lucasiano en Cambridge (la cátedra que había ocupado Newton). El 20 de octubre de 1916, Larmor escribía a Oliver Lodge:[20]

> Einstein está tan poco satisfecho con un éter y el movimiento relativo con respecto a él que ha hecho del campo gravitacional una modificación del espacio que lo rodea [...]. Y nuestro amigo Lorentz está fascinado por ello, más bien como un ejercicio

matemático que como una teoría filosófica.

Larmor, un producto del exigente *Mathematical Tripos* de Cambridge, no tenía dificultades con la matemática de la relatividad general (la geometría riemanniana o el cálculo tensorial), pero sí con su contenido. Diferente, y no exento de cierto dramatismo, era el caso de Lodge. En una fecha tan tardía como el 27 de mayo de 1929, Lodge confesaba a Edmund Whittaker, *professor* en la Universidad de Edimburgo, sus problemas con la nueva física, basados en sus carencias matemáticas:

> Le agradezco que me haya enviado su conferencia sobre «¿Qué es la energía?» [que Whittaker pronunció en la Sociedad de Física de la Universidad de Edimburgo el 16 de marzo de 1929]. Pero estoy aterrado al encontrar que no puedo seguirla, esto es, entenderla en absoluto. Más bien me sorprende que haya que introducir tensores en relación con algo tan fundamental como la energía. Ni siquiera sé lo que es un tensor. Sé que un vector es un escalar con dirección además de magnitud. Uno ha tenido que acostumbrarse a los vectores. Supongo que un tensor es un vector con algo añadido. Pero ¿qué? ¿Es un giro, o lo que Robert Ball llamaba un tirón? A mi edad ya no voy a aprender el cálculo tensorial pase lo que pase. Y estoy muy sorprendido de que la conservación de la energía tenga que mezclarse con la conservación del momento para hacer un enunciado completo. [...]



Joseph Larmor.
© *Pictorial Press Ltd/Alamy/ACI*

> Es la parte final de su conferencia la que me hace desesperar de entender la visión moderna. Siento que más tarde o más temprano debe haber una manera más simple de especificar cosas fundamentales. Matrices y tensores no son el tipo de armas matemáticas que yo pueda imaginar que utilice la posteridad con satisfacción, incluso si son necesidades provisionales. Pero veo que usted va más allá de las necesidades provisionales y no nos saca del barrizal preparado por Dirac y otros [un año antes, Paul Dirac había utilizado matrices en la formulación de la ecuación relativista del electrón]. Hay muy poco consuelo en admitir que la materia es una forma de energía, si la energía resulta no ser nada concreto, sino sólo una abstracción matemática.

«Ni siquiera sé lo que es un tensor», decía, así que ¿cómo iba a poder entender la relatividad general?

Aparte de ignorancia matemática, había también una antipatía, por entonces muy británica, hacia las

teorías «meramente matemáticas». Como la mayoría de los científicos del siglo XIX, Lodge pensaba que uno debía entender los fenómenos naturales a la manera (dinámica) de la física «tradicional», no desposeyendo de significado físico a los conceptos usados por ésta y dejarla en manos «puramente matemáticas». Así, confesaba a Larmor (9 de septiembre de 1922):

> El análisis matemático deja correctamente el mundo detrás y se eleva a una región propia. Un escritor, en el Suplemento Literario de *The Times*, ha dicho recientemente que la música hace lo mismo, y de forma bastante iluminadora comenta que ésta es la razón por la que puede haber niños prodigio en música y en matemáticas que no tienen posibilidad de experiencia real. La relatividad nos enfrenta al intento de enlazar estos vuelos matemáticos con el hecho físico. Es extraño que los fenómenos físicos se permitan ser expresados de esta manera. Pero no puede ser la única manera de expresarlos. Debe haber también un método dinámico. Pero hasta que hayamos desarrollado la dinámica del éter, vemos que podemos proceder por métodos no dinámicos, precisamente como MacCullagh encontró hace tiempo.

Lodge se refería aquí a James MacCullagh, quien desarrolló en 1839 una teoría dinámica del éter en la que introdujo un nuevo tipo de sólido elástico.

En cierto sentido, Lodge se veía a sí mismo, y a Larmor, como misioneros en una tierra extraña, la tierra de la física matemática y de la relatividad expresada matemáticamente; y que su obligación era dar sentido físico a la teoría. En la última carta mencionada escribía también: «Era seguro que el matrimonio intentado entre la física genuina y la hipergeometría iba a llevar a confusiones. Sin duda se resolverán, básicamente quizá con nuestra ayuda. Pues yo no conozco a nadie más que pueda empuñar ambas armas con igual facilidad».

Sin embargo, y a pesar de sus lagunas matemáticas e ignorancia del contenido físico de la relatividad general, Lodge no dudaba en entrar en

discusiones con otros acerca de lo que significaba la teoría o de cuáles eran sus consecuencias. Es una suerte que fuera un hombre de este tipo, pues nos ayuda a descubrir lo que pensaban sobre la relatividad otros científicos británicos ya en 1917, como James Jeans, físico, astrónomo y matemático muy laureado. En respuesta a una carta de Lodge, el 14 de agosto de 1917 Jeans afirmaba: «Estoy totalmente de acuerdo respecto a la complejidad de la presentación de la relatividad. Einstein no es un matemático adiestrado, o sospecho que podría haber presentado mucho mejor todo el tema».

RICHARD FEYNMAN Y LA RELATIVIDAD GENERAL*

Richard Feynman, un físico muy distinguido del que hablaré más adelante, se dedicó a la física cuántica, pero también se interesó por la teoría de la relatividad general, que hasta la fecha ha permanecido inmune a los intentos de hacerla compatible con los requisitos cuánticos. Sin embargo, terminó desilusionándose de la teoría einsteiniana.

Participó en el congreso de relatividad general celebrado en la Universidad de North Carolina, Chapel Hill (Estados Unidos), del 18 al 23 de enero de 1957 (es considerado el primero de estos congresos, el GR1, que continúan celebrándose). La primera parte de aquella conferencia estuvo dedicada a la teoría clásica, mientras que en la segunda se trató de la cuantización de la relatividad general. Aquella reunión no debió defraudarle demasiado, puesto que aceptó participar en el tercer Congreso Internacional de Relatividad General y Cosmología (GR3), que se celebró en Varsovia y Jablona (Polonia), del 25 al 31 de julio de 1962 (el segundo, GR2, se había celebrado en Francia, en Royaumont, 21-27 de junio de 1959). En una carta que escribió a su esposa, Gweneth, desde el Gran Hotel de Varsovia, Feynman se refirió al congreso de manera no muy favorable:

> No voy a sacar nada de la reunión, no estoy aprendiendo nada. Este campo no es un campo activo (pues no hay experimentos), y pocos de los mejores hombres están trabajando en él. El resultado es que hay un montón (126) de pasmarotes aquí y eso no es bueno para mi presión arterial. Se dicen y se discuten seriamente cosas inanes —y yo me enzarzo en discusiones fuera de las sesiones formales, por ejemplo, en la comida, cuando alguien me hace una pregunta o empieza a hablarme de su «trabajo»—. Siempre es, o bien (1) completamente incomprensible, o (2) vago e indefinido, o (3) algo correcto que es obvio y evidente pero

calculado mediante un análisis largo y difícil y presentado como un descubrimiento importante, o (4) una afirmación, basada en la estupidez del autor que dice que algo obvio y correcto, aceptado y comprobado durante años, es de hecho falso (éstos son los peores…, ningún argumento convencerá a los idiotas […], (5) un intento de hacer algo probablemente imposible, pero con certeza de ninguna utilidad y que, finalmente, se revela, al final falla […], (6) sólo es falso. Hay mucha «actividad en el campo» estos días, pero esta «actividad» consiste principalmente en mostrar que la «actividad» previa de algún otro terminó en un error o en nada útil, o en algo prometedor, etc., como un montón de gusanos tratando de salir de una botella arrastrándose sobre los demás. No es que la materia sea difícil, es simplemente que los buenos están ocupados en otro lugar. Recuérdame que no vaya a más congresos sobre gravedad.

Las opiniones que contaba a su esposa, que desarrollan algunas ideas que ya había expresado en Chapel Hill (en particular, la dificultad de conectar con experimentos), reflejan el estancamiento que padeció durante décadas la investigación en la relatividad general por estar alejada de casi cualquier confirmación experimental nueva. Después de que Einstein presentase en noviembre de 1915 la formulación definitiva de la teoría de la relatividad general, su desarrollo fue básicamente teórico, merced a trabajos llevados a cabo por matemáticos como Hermann Weyl, Kurt Gödel, André Lichnerowiz, Théophile de Donder, Georges Darmois, Jan Arnoldus Schouten o Yvonne Choquet-Bruhat. A partir sobre todo de finales de la década de 1960, las posibilidades técnicas permitieron utilizar la teoría einsteiniana para explicar fenómenos estelares y cósmicos. Ahora bien, hay que matizar la idea de lo que transmiten las opiniones de Feynman, matices que aparecen en los siguientes comentarios de Bruce De Witt, que asistió a las reuniones de Chapel Hill y Polonia:

Seguramente puedo simpatizar con la reacción de Feynman a la conferencia de Varsovia, porque yo tuve sentimientos parecidos.

> (Le recuerdo vivamente dando rienda suelta a su frustración allí poniendo a [Dmitri] Ivanenko como un trapo, como nunca he oído.) Pero quienes publican su carta privada [la que acabo de citar a su esposa] sin ofrecer la imagen completa prestan un mal servicio a la verdad histórica. Aunque pensó que algunas de las discusiones en la conferencia de Chapel Hill no tenían sentido (lo mismo que pensaba yo), creo que lo pasó razonablemente bien allí. Le recuerdo muy interesado cuando demostré que sus integrales de camino en una configuración espacial curva conducen a la ecuación de Schrödinger con un término escalar de Ricci en ella. Las personas que asistieron a aquella conferencia (tales como Bondi, Hoyle, Sciama, Møller, Rosenfeld, Wheeler) no eran estúpidas y hablaron con él inteligentemente. (Yo había escogido personalmente los participantes; fue una conferencia cerrada.) Seguramente, la experiencia de Feynman en Chapel Hill había tenido algo que ver con su disposición a aceptar la invitación de Varsovia (que fue una conferencia abierta). Incluso en Varsovia, él y yo tuvimos discusiones fuera de la sesión formal que intento no creer que, honestamente, él pudo haber incluido en una de las seis categorías de su carta.

Tal vez, lo correcto es interpretar las muy críticas manifestaciones de Feynman acerca de la investigación en relatividad general como válidas para los dominios más clásicos de la teoría einsteiniana, como ecuaciones de movimiento, ondas y radiación gravitacional, soluciones exactas de las ecuaciones del campo, etcétera, en las que, efectivamente, la conexión con los datos experimentales era escasa. Otra cosa era el intento de encontrar una teoría cuántica de la gravitación, esto es, cuantificar la teoría de la relatividad general. De hecho, Feynman dedicó tiempo a esta tarea, sobre todo en la década de 1960. En el congreso de Polonia de 1962, dio una conferencia titulada «Teoría cuántica de la gravitación» que luego se publicó en 1963, con base en la grabación que se hizo de ella, en la revista *Acta Physica Polonica*. Poco después del congreso polaco, dentro del curso académico 1962-1963, Feynman creó en el California Institute of Technology un curso de 27 lecciones (una

cada semana) dedicado a la gravitación para estudiantes graduados avanzados y estudiantes posdoctorales. Allí desarrolló una teoría cuántica de campos en la que el cuanto asociado al campo era una partícula, el denominado *gravitón*, sin masa y con espín 2 (el fotón, recordemos, tiene masa nula y espín ½) y en la que el campo estaba acoplado al tensor de energía-momento del sistema (Pauli y Markus Fierz habían demostrado en 1939 que el gravitón —suponiendo que existiese— debería tener espín 2). Utilizando varios recursos, fue capaz de demostrar que, si era consistente, esa teoría conducía inevitablemente a la teoría general de la relatividad. Con esa idea en mente, intentó desarrollarla a la manera perturbativa (es decir, basada en series de aproximaciones) y renormalizable (esto es, que condujese a resultados finitos), procedimientos que tan bien funcionaban en la electrodinámica cuántica que él mismo, junto a otros, había elaborado. Sin embargo, al final la teoría se mostró no renormalizable y Feynman abandonó sus esfuerzos. Aun así, el texto de su curso influyó algo en los intentos de cuantizar la gravedad que se efectuaron a lo largo de los años. Dos de los estudiantes posdoctorales que asistieron al curso prepararon unas notas que, mecanografiadas, se vendieron durante años en la librería de Caltech, hasta que finalmente aparecieron en forma de libro (*Feynman Lectures on Gravitation*, 1995), más como una curiosidad histórica y por la personalidad de su autor que por su verdadero valor para la física.

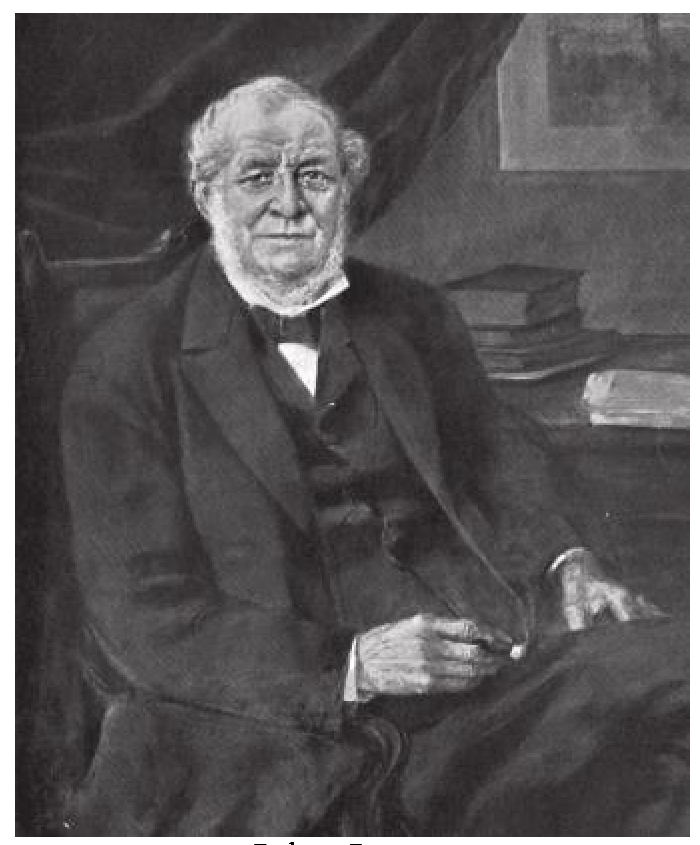
BUNSEN, KIRCHHOFF Y EL NACIMIENTO DE UNA NUEVA ESPECTROSCOPÍA*

En la segunda mitad del siglo XVII, en torno a 1666, Isaac Newton descubrió que la luz se descompone en colores diferentes (los colores del arco iris) al pasar a través de un prisma de vidrio, produciendo lo que se denomina un espectro. Recíprocamente, comprobó que al componer esos colores se recuperaba la luz «normal». Durante el siglo XVIII, hubo pocos avances importantes en este campo. Uno de ellos tuvo lugar en 1752, cuando Thomas Melvill notó que, al calentar los cuerpos sólidos (y los líquidos también) a temperatura lo bastante elevada, éstos emiten radiaciones; hizo pasar por un prisma la luz emitida por una llama producida por sodio y observó un espectro continuo, surcado por una serie de líneas brillantes. Que sepamos, fue la primera observación de un *espectro de emisión*.

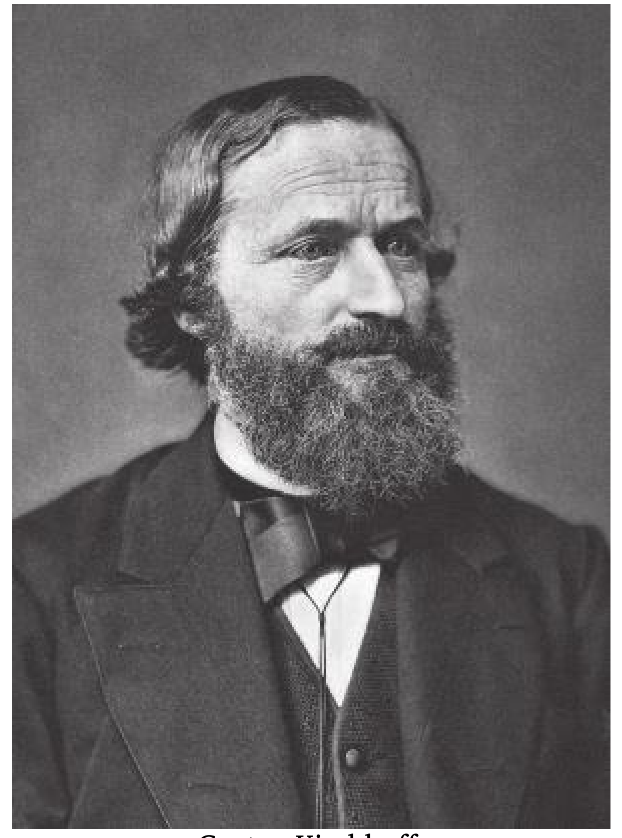
Exactamente cincuenta años después de las observaciones de Melvill, en 1802, William Hyde Wollaston advirtió que en el espectro de la luz procedente del sol aparecían unas cuantas líneas oscuras, que Newton no había detectado y que él tomó como los bordes de los colores naturales. Algunos años después (1814-1815), Joseph von Fraunhofer examinó con mucho más detalle el espectro de la luz solar y descubrió cerca de seiscientas líneas oscuras, que a partir de entonces se conocieron como «líneas de Fraunhofer». Pero no se limitó a observar esas nuevas líneas, sino que también se propuso establecer el lugar del espectro en que se encontraban, determinando la posición de 324 de ellas. Es interesante señalar que Fraunhofer era un óptico profesional, entre cuyas

ocupaciones figuraba la de construir lentes; de hecho, fabricó los mejores prismas y lentes acromáticas que había visto jamás la comunidad óptica. Por este motivo tenía más facilidad que la mayoría de los físicos y astrónomos de su época para utilizar prismas que no deformasen demasiado la luz. Su interés por el espectro solar provenía asimismo de su profesión: necesitaba localizar en el espectro un punto de referencia que le permitiera medir con precisión los índices de refracción (grado de desviación de la luz al pasar por un cierto medio) de los distintos materiales con los que construía las lentes de sus instrumentos ópticos.

Poco a poco se descubrió que era posible observar líneas oscuras en los espectros al hacer pasar la luz a través de diversas sustancias coloreadas, que confirmó por otra parte el tipo de observación de Melvill: que los espectros producidos por algunas llamas estaban atravesados por líneas. Era evidente que había que explicar y relacionar tales observaciones, pero pasó algún tiempo hasta que se produjo un avance sustancial. Éste llegó a finales de la década de 1850 gracias a las investigaciones del físico Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) y del químico Robert Wilhelm Bunsen (1811-1899), ambos de la Universidad de Heidelberg, que utilizaron un espectrómetro con un prisma y el mechero diseñado por Bunsen.



Robert Bunsen.



Gustav Kirchhoff.
© *Blanc Kunstverlag/Akg-images/Album*

En el otoño de 1859, mientras llevaba a cabo unos trabajos preliminares para su colaboración con Bunsen, Kirchhoff hizo una sorprendente observación. Se sabía (Foucault, 1849) que las dos líneas amarillas brillantes detectadas en las llamas que contenían sodio coincidían en posición (longitud de onda) con las denominadas líneas D (oscuras) observadas por Fraunhofer en el espectro solar en 1814. El hallazgo de Kirchhoff fue advertir que, si hacía pasar por una rejilla luz solar de una cierta intensidad junto con la luz de la llama de sodio, las líneas oscuras del espectro solar se oscurecían aún más. Intuyó inmediatamente que se trataba de algo fundamental, y un día después se le ocurrió una explicación, que pronto se vio

confirmada por nuevos experimentos. Concluyó que cuando la luz blanca pasa a través de un gas, las longitudes de onda que absorbe el gas coinciden con las que emite cuando está incandescente, es decir, que si una sustancia emite una línea espectral, tiene la misma capacidad de absorberla. Además de encontrar una relación entre el espectro de absorción y de emisión de las sustancias, el hecho de que se observasen las líneas D oscuras en el espectro solar indicaba que éstas, en su camino a la Tierra, pasan a través del vapor de sodio, es decir, demostró que existía sodio en la atmósfera solar.

En sus memorias (*The Life & Experiences of Sir Henry Enfield Roscoe*), el químico británico Henry Roscoe (1833-1915) incluyó una carta de Bunsen, con quien había trabajando durante algún tiempo en Alemania, en la que se refería a su colaboración con Kirchhoff. Decía en ella:

> Heidelberg, 13 de noviembre de 1859
>
> Mis mejores gracias, querido Roscoe, por su última carta. [...] Por el momento estoy ocupado en una investigación con Kirchhoff que no nos deja dormir. Kirchhoff ha hecho un descubrimiento totalmente inesperado, en tanto que ha encontrado la causa de las líneas oscuras del espectro solar, y puede producir esas líneas intensificadas de manera artificial tanto en el espectro solar como en el espectro continuo de una llama, siendo su posición idéntica a la de las líneas de Fraunhofer. Desde ahora se ha abierto el camino para la determinación de la composición química del sol y de las estrellas fijas con la misma certeza con la que podemos detectar cloruro de estroncio, y otros, mediante nuestros reactivos ordinarios. Con este método, los elementos químicos que aparecen en la tierra pueden ser también detectados y separados con el mismo grado de precisión que en el sol; por ejemplo: en 20 gramos de agua del mar se puede demostrar la existencia de litio. En la detección de muchos elementos este método será el preferido frente a todos los otros procedimientos conocidos. Una mezcla contiene Li, Ka, Na, Ba, Sr, Ca; todo lo que se necesita es poner un miligramo de esta mezcla en nuestro aparato [el espectroscopio] en orden y a la vez, para leer, con la ayuda de un

telescopio, la presencia de todos estos cuerpos mediante una sencilla observación. Algunas de estas reacciones tienen un maravilloso grado de delicadeza; así, por ejemplo, se puede detectar 5/1.000 partes de miligramo de litio con gran facilidad. Yo mismo he observado la presencia de este cuerpo en casi todas las muestras de potasio.

Suyo,

R. W. BUNSEN



Henry Roscoe.

Antes de que finalizase 1859, Kirchhoff informó a la comunidad científica de sus ideas, en las que continuó trabajando durante algún tiempo. Así lo muestra la carta que dirigió el 6 de agosto de 1860 al químico Otto Linné Erdmann, de la que Roscoe publicó un extracto traducido al inglés en el *Philosophical Magazine* en 1861, en la que escribía:

Desde que remití mi Memoria a la Academia de Ciencias de Berlín, no he dejado de proseguir mis investigaciones en el mismo

sentido. Había enunciado yo la ley de que una llama absorbe los mismos rayos que emite; no insistiré sobre las pruebas teóricas que he dado en confirmación de esta ley, ni sobre los experimentos que hemos hecho Mr. Bunsen y yo para demostrar que las rayas brillantes del espectro de una llama pueden servir para caracterizar los metales introducidos en esta llama; mi intención es comunicaros los resultados de mis investigaciones respecto al análisis químico de la atmósfera solar.

El Sol tiene una atmósfera gaseosa, candente, y que envuelve un núcleo cuya temperatura es todavía mucho más elevada. Si pudiésemos observar el espectro de esta atmósfera, notaríamos en él las rayas brillantes características de los metales contenidos en este medio, y por ellas podríamos determinar la naturaleza de estos metales. Pero la luz más intensa emitida por el núcleo solar no permite que el espectro de esta atmósfera se produzca directamente: obra sobre él invirtiéndole, según lo que he expuesto anteriormente; es decir, que sus rayas brillantes parecen oscuras. No vemos el espectro de la atmósfera solar por sí mismo, sino su imagen negativa. Esta circunstancia permite determinar con igual exactitud la naturaleza de los metales contenidos en esta atmósfera, para lo que basta con tener un conocimiento profundo del espectro solar, y de los producidos por cada uno de los diferentes metales.

En este punto Kirchhoff se detenía en explicar el aparato que había hecho posible sus observaciones: un espectroscopio con cuatro prismas (el espectroscopio utilizado en su colaboración con Bunsen era más rudimentario, ya que tenía únicamente un prisma). Con él:

«[Se había] cerciorado de que todas las rayas brillantes peculiares del hierro se corresponden con rayas oscuras del espectro solar. He podido indicar hasta 72 rayas oscuras en el espectro solar que corresponden a las rayas brillantes del espectro del hierro: estas rayas están enteramente situadas en el espacio que he reproducido, las cuales son debidas al hierro que existe en la atmósfera solar. [William George] Armstrong no ha observado en el espectro de la chispa eléctrica más que tres rayas brillantes del hierro, contenidas en los mismos límites. Mr. [James Irvine] Masson apenas ha observado otras más; Mr. [Volkert] Van der Willigen, por su parte, dice que el hierro no hace aparecer con el espectro de la chispa eléctrica más que un corto número de rayas, y que éstas son muy débiles. Debo atribuir a la fuerza de mi

> aparato el gran número de rayas brillantes, cuya presencia he demostrado con una exactitud completa en el espectro del hierro.

Y no se limitó al hierro:

> El magnesio es interesante por el hecho de que presenta en el espectro solar el grupo más aparente de las rayas de Franhoufer, es decir, el verde, que se compone de tres rayas fuertes. Otras rayas oscuras del espectro solar coinciden claramente, pero son mucho menos notables, con las rayas brillantes del cromo y del níquel. Puede, pues, considerarse como demostrada la presencia de estos metales en la atmósfera del Sol. Además, parece que otros muchos metales faltan en ella completamente. Así, los espectros de la plata, del cobre, del zinc, del plomo, del aluminio, del cobalto, del antimonio presentan también rayas extraordinariamente brillantes, pero que no coinciden con ninguna de las rayas oscuras del espectro solar, al menos entre las que son visibles.

Después añadía: «Espero dar pronto detalles más minuciosos sobre este punto».

Las consecuencias de los argumentos y observaciones de Kirchhoff eran evidentes. Por primera vez era posible estudiar la composición de los cuerpos celestes analizando sólo la luz que recibimos de ellos. En otras palabras: nacía una nueva ciencia, la *astrofísica*, que permitía abordar cuestiones imposibles de resolver para la vieja y milenaria astronomía. En sus memorias, Roscoe recordaba la impresión que le suscitaron estos desarrollos:

> Nunca olvidaré la impresión que me produjo mirar a través del magnífico espectroscopio de Kirchhoff, instalado en una de las habitaciones traseras del viejo edificio de la Hauptstrasse, que entonces hacía las funciones de Instituto de Física, y ver la coincidencia de las líneas brillantes en el espectro del hierro con las líneas oscuras de Franhoufer en el espectro solar. La evidencia de que el hierro, tal y como lo conocemos en esta Tierra, está contenido en la atmósfera solar, aparece instantáneamente como concluyente. Y no han transcurrido aún cuarenta años desde que Comte, argumentando en su *Système* que los investigadores no deberían malgastar su tiempo intentando lo imposible, utilizase como un ejemplo de lo que quería decir por imposible que el conocimiento de la composición del Sol a una distancia de 91 millones de millas debía permanecer para siempre inalcanzable.

En 1861, el químico francés Jean-Baptiste-André Dumas escribía: «Ya no será necesario tocar un cuerpo para determinar su naturaleza química: bastará verlo». Y, por supuesto, reconocía, como todos, que se estaba ante el principio:

> Lo que el estado de los instrumentos actuales de óptica permite efectuar en el día respecto del Sol y las principales estrellas fijas, otros nuevos progresos permitirán que lo intente el hombre respecto de los astros más distantes y luminosos, y reconocer así por medio de qué elementos ha formado Dios los mundos que pueblan el universo.

Treinta años más tarde, las esperanzas fundadas en el nuevo método se habían consolidado, como muestran las palabras que pronunció el astrónomo y espectroscopista William Huggins en su discurso como presidente de la British Association for the Advancement of Science en la reunión anual celebrada en Cardiff en 1891: «La astronomía, la más antigua de las ciencias, ha más que renovado su juventud, en ningún momento del pasado ha estado tan encendida con ilimitadas aspiraciones y esperanzas. Nunca fueron sus templos tan numerosos, ni tan grande la masa de sus devotos».

Además de lo dicho, los trabajos de Bunsen y Kirchhoff constituyeron un primer paso temprano en el camino hacia la física cuántica; de hecho, fue Kirchhoff quien introdujo en uno de esos trabajos la noción de cuerpo negro, que llevó a Max Planck a los cuantos de luz.

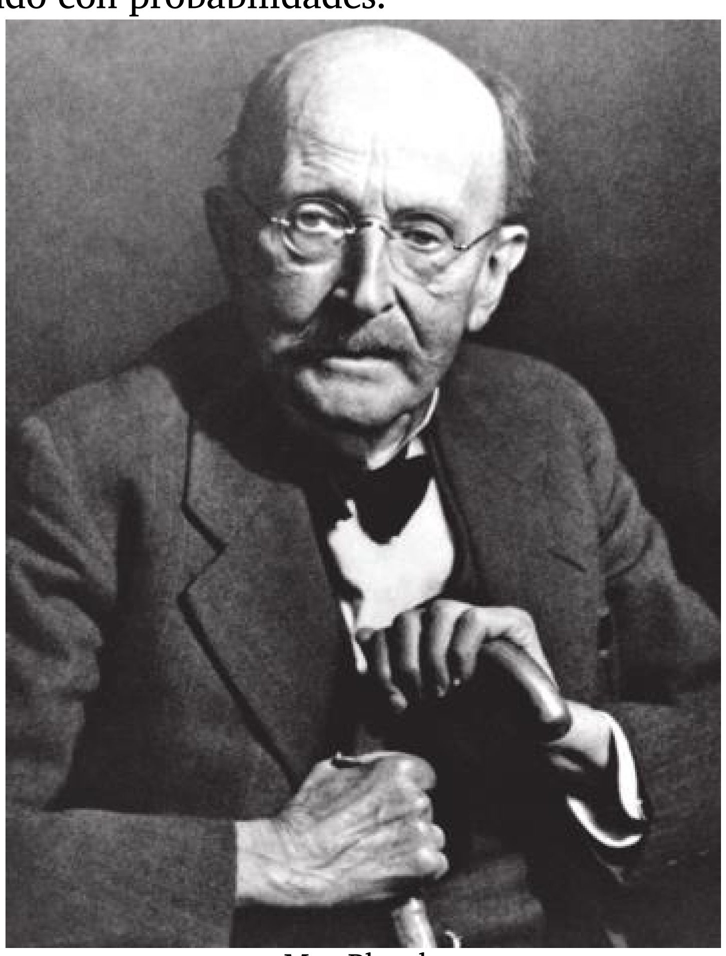
LA MECÁNICA CUÁNTICA, ORIGEN Y RECEPCIÓN*

La mecánica cuántica violenta más que ninguna otra teoría científica nuestras formas intuitivas, observacionales, de comprender la naturaleza. No se trata, únicamente, de su carácter probabilístico, sino de elementos como la dualidad onda-corpúsculo o de lo que se defiende en su interpretación más extendida, la denominada «interpretación de Copenhague»: antes de ser observado, un sistema se encuentra en todos sus estados posibles; únicamente al medirlo, al observarlo, se concreta en uno de ellos, y la teoría sólo puede decirnos la probabilidad de que así suceda.

El «acto de desesperación» de Max Planck

Dejando de lado los avances tratados en el capítulo precedente, la revolución cuántica comenzó en 1900. Se produjo cuando Max Planck (1858-1947), catedrático de Física de la Universidad de Berlín, buscando una ley que codificase la distribución de la energía de radiación de un cuerpo negro, se vio obligado a introducir unos «elementos discretos de energía» a fin de poder explicar la expresión matemática que había encontrado, de forma heurística. Asociados a una fórmula hoy universalmente conocida, $E = h \cdot \nu$ (donde E representa la energía, h una constante, posteriormente denominada «constante de Planck», y ν la frecuencia de la radiación, hasta entonces entendida como una onda), la necesidad de esos «elementos discretos de energía» surgía al utilizar la ley de la entropía que había desarrollado Ludwig Boltzmann (1844-1906) en 1877; implicaba que esta magnitud física (que expresa la tendencia al desorden en cualquier sistema cerrado, incluido el universo) podía no siempre aumentar,

como requería la física clásica, sino que se trataba de una «probabilidad», esto es, que podía suceder —aunque la probabilidad fuese pequeña— que un sistema aumentase el orden con el paso del tiempo. Pero a Planck, para quien la física era «la búsqueda de absolutos», le resultó particularmente doloroso doblegarse ante el planteamiento de Boltzmann, aceptar que el crecimiento de la entropía estaba asociado con probabilidades.



Max Planck.

Más de treinta años después de introducir los cuantos, en una carta que Planck escribió al físico estadounidense Robert Williams Wood el 7 de octubre

de 1931, recordaba:

> Resumido brevemente, se puede describir lo que hice como un acto de desesperación. Por naturaleza soy pacífico y rechazo toda aventura dudosa. Pero por entonces había estado luchando sin éxito durante seis años (desde 1894) con el problema del equilibrio entre radiación y materia y sabía que este problema tenía una importancia fundamental para la física; también conocía la fórmula que expresa la distribución de la energía en los espectros normales. Por consiguiente, había que encontrar, costase lo que costase, una interpretación teórica. Tenía claro que la física clásica no podía ofrecer una solución a este problema, puesto que con ella se llega a que a partir de un cierto momento toda la energía será trasferida de la materia a la radiación. Para evitar esto se necesita una nueva constante que asegure que la energía no se desintegre. […] En mi caso, el punto de partida fue el mantener las dos leyes de la termodinámica. Hay que conservar, me parece, estas dos leyes bajo cualquier circunstancia. Por lo demás, estaba dispuesto a sacrificar cualquiera de mis convicciones anteriores sobre las leyes físicas. Boltzmann había explicado cómo se establece el equilibrio termodinámico mediante un equilibrio estadístico, y si se aplica semejante método al equilibrio entre la materia y la radiación, se encuentra que se puede evitar la continua transformación de energía en radiación suponiendo que la energía está obligada, desde el comienzo, a permanecer agrupada en ciertos cuantos. Ésta fue una suposición puramente formal y en realidad no pensé mucho en ella.

No obstante la renuencia de Planck a aceptar la realidad de los cuantos de energía que había introducido, éstos terminaron estableciéndose en 1905 de la mano de Albert Einstein, todavía un joven y desconocido empleado de la Oficina de Patentes de Berna. En un artículo titulado «Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt» («Sobre un punto de vista heurístico acerca de la producción y transformación de la luz»), Einstein demostró que «las observaciones asociadas con la radiación del cuerpo negro, fluorescencia, producción de rayos catódicos mediante luz ultravioleta y otros fenómenos

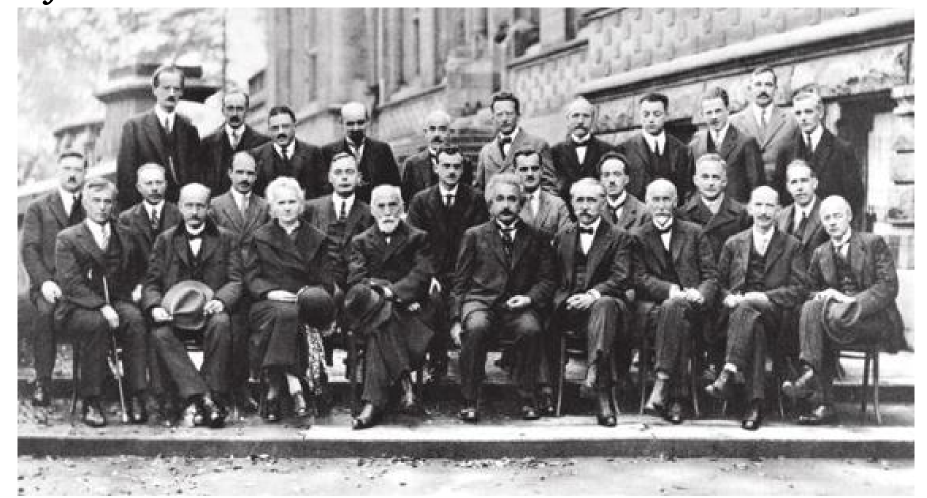
relacionados, todos ellos conectados con la emisión o transformación de la luz, se entienden más fácilmente si uno supone que la energía de la luz está distribuida espacialmente de forma discontinua». Daba así un paso decisivo en el camino hacia la introducción de la «dualidad onda-corpúsculo». Por una pequeña parte de este artículo, donde explicaba el efecto fotoeléctrico, recibió el Premio Nobel de Física correspondiente a 1921.

En una carta que Einstein escribió, no está claro si el 18 o el 25 de mayo de 1905, a su amigo Conrad Habicht, señalaba que consideraba este artículo como auténticamente revolucionario:

> ¿Por qué no me has enviado todavía tu disertación? ¿No sabes, malvado, que soy uno de los 1,5 individuos que la leerán con placer e interés? En recompensa te prometo cuatro artículos, el primero de los cuales podría enviártelo pronto, ya que enseguida recibiré las separatas de autor. El artículo trata de la radiación y de las propiedades de la energía de la luz y es muy revolucionario, como verás si me mandas tu trabajo *antes*. El segundo es una determinación de los verdaderos tamaños de los átomos, obtenidos a partir de la difusión y viscosidad de soluciones diluidas de sustancias neutras. El tercero demuestra, con base en la teoría molecular del calor, que cuerpos de magnitud de 1/1.000 mm, suspendidos en líquidos, deben realizar un movimiento aleatorio observable que se produce por la agitación térmica; de hecho, fisiólogos han observado movimientos de pequeños, inanimados, cuerpos suspendidos, que denominan «movimientos moleculares brownianos». El cuarto artículo es por el momento sólo un borrador, y es una electrodinámica de los cuerpos en movimiento que emplea una modificación de la teoría del espacio y el tiempo, cuya parte puramente cinemática seguramente te interesará.

El primer artículo al que se refería Einstein y que calificaba de «muy revolucionario» era el ya mencionado «Sobre un punto de vista heurístico relativo a la producción y transformación de la luz». El segundo, titulado «Eine neue Bestimmung der Moleküldimensionen» («Una nueva determinación de

las dimensiones moleculares»), era la disertación que presentó para obtener el grado de doctor en la Universidad de Zúrich. El tercero, emparentado con el segundo, llevaba por título «Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen» («Sobre el movimiento requerido por la teoría cinético-molecular del calor para partículas pequeñas suspendidas en fluidos estacionarios») y contenía un análisis teórico del movimiento browniano que permitió a su autor demostrar la existencia de átomos de tamaño finito, un logro importante en un momento en el que muchos negaban la atomicidad. Y en el cuarto, «Zur Elektrodynamik bewegter Körper» («Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento»), desarrollaba su teoría de la relatividad especial. Salvo el segundo, todos aparecieron en la revista *Annalen der Physik*.



Participantes en el V Consejo Solvay (1927).

Los modelos atómicos de Rutherford y Bohr

Para poder desarrollar una mecánica cuántica era necesario entender cómo está formada la materia. Dos

hitos en esta senda fueron los modelos atómicos que Ernest Rutherford y el danés Niels Bohr (1885-1962) propusieron en 1911 y 1913, respectivamente.

En el curso de sus investigaciones en el dominio de la radiactividad, Rutherford se familiarizó con las partículas α (núcleos de helio) y ß (electrones), que emiten las sustancias radiactivas. No es de extrañar, por consiguiente, que pensase que podría utilizarlas como herramienta de análisis atómico. En 1909, Hans Geiger y Ernest Marsden, dos investigadores del laboratorio que dirigía en Mánchester (antes, recordemos, había pasado varios años en Montreal), dirigieron partículas α contra placas delgadas de diversos metales; para sorpresa de todos, encontraron que la dirección de una pequeña fracción de las partículas α que llegaban a la placa era modificada de tal manera que volvían a aparecer en el lugar de partida. Rutherford pensó que para que una partícula α cambiase su trayectoria en un ángulo de 90 grados o más hacían falta campos eléctricos mucho más intensos de los que podían suministrar los modelos atómicos (totalmente clásicos, como el «modelo del pastel de pasas» que manejaba su antiguo maestro, J. J. Thomson), y en abril de 1911 consiguió desarrollar una teoría que explicaba las desviaciones grandes y pequeñas observadas. El modelo atómico que utilizó consistía en un núcleo central (una esfera de menos de $3\cdot10^{-12}$ centímetros de radio) que podía estar cargado positiva o negativamente, rodeado de «una esfera de electrificación», de unos 10^{-8} centímetros de radio, con la misma cantidad de carga que el núcleo pero de signo opuesto.

El 26 de abril de 1911, Rutherford escribió al químico alemán especializado en radiactividad y

futuro descubridor de la fisión del uranio, Otto Hahn, a quien informó de los resultados que estaba obteniendo:

> Recientemente, he estado trabajando en la difusión [*scattering*] de partículas alfa y beta y he diseñado un nuevo átomo para explicar los resultados, y también una teoría especial para la difusión. Geiger está examinando esto experimentalmente, y hasta el momento encuentra que se ajusta bien a los hechos. Estoy publicando un artículo sobre el tema que aparecerá pronto.



Niels Bohr.
© *Science Source/Album*

El modelo atómico de Rutherford tenía grandes atractivos, pero también grandes inconvenientes. Si se pensaba en él como una especie de minisistema planetario gobernado por fuerzas electromagnéticas, entonces existía un problema obvio: los electrones que orbitaban en torno al núcleo estarían acelerados (su movimiento era circular) y, por tanto, deberían emitir radiación, lo que implicaba que perderían energía. Esto produciría que se fueran acercando al núcleo, sobre el que terminarían cayendo irremediablemente hacia el núcleo. En otras palabras, este modelo atómico carecía de estabilidad.

La solución a este problema llegó gracias a un joven físico danés, Niels Bohr. Tras obtener su doctorado en Copenhague, Bohr se trasladó a Inglaterra para ampliar estudios. Inicialmente se instaló en Cambridge, con el propósito de aprender de J. J. Thomson, pero apenas pudo entenderse con el director del Cavendish, lo que le llevó a marcharse a Mánchester, con Rutherford. Allí, junto a físicos y químicos del calibre de Hans Geiger, Ernest Marsden, Alexander Russell, Kasimir Fajans, Henry Moseley, Gyorg von Hevesy, James Chadwick y Charles Galton Darwin, comenzó a desarrollar, hacia la primavera de 1912, el modelo atómico que le haría famoso.

Bohr se dio cuenta de que para construir un modelo satisfactorio de átomo tenía que incluir de alguna manera el cuanto de energía de Planck-Einstein. En el artículo en el que presentó sus ideas en 1913 («On the constitution of atoms and molecules», *Philosophical Magazine 26*, pp. 1-25) escribió: «Cualquiera que sea la modificación en las leyes del movimiento de los electrones, parece necesario introducir una cantidad ajena a la electrodinámica clásica; esto es, la constante de Planck [h]». Para ello, consideró que el átomo de hidrógeno está formado por un núcleo de carga $+e$, en torno al cual gira, siguiendo una órbita circular y a una distancia r (por determinar), un electrón (carga $-e$). Combinando la mecánica clásica con la electrostática, suponiendo que en principio las órbitas eran estacionarias (no emitían radiación) e introduciendo una expresión que permitía sólo ciertos valores (múltiplos de h) para el momento angular de las órbitas electrónicas, obtuvo una fórmula que daba r en función de h y de un número entero (el primer «número cuántico» introducido en la

física cuántica), entre otras expresiones. Por consiguiente, y esta suposición constituyó una ruptura radical con la física anterior, el radio de las órbitas no podía disminuir (ni aumentar) gradualmente, sino que debía hacerlo de manera discontinua, a saltos, *cuántica*; en cada salto se emitía (si se pasaba de una órbita de más energía a otra de menor energía) un cuanto de energía, o se absorbía (cuando se pasaba de un nivel inferior a otro superior). Se había eliminado la dificultad antes aludida de la inestabilidad electromagnética del átomo de Rutherford. Entre las ventajas del modelo atómico de Bohr estaba su capacidad para explicar las relaciones matemáticas correspondientes a diferentes grupos de líneas espectrales, que Johann Jacob Balmer (1825-1898) y Johannes Robert Rydberg (1854-1919) descubrieron «jugando con números», relaciones que la física anterior a Bohr no pudo explicar.

Las reacciones al modelo atómico de Bohr fueron numerosas, pero mencionaré sólo una, la de Rutherford, quien en una carta fechada el 20 de marzo de 1913 escribió:

> Sus ideas sobre el modo en que se origina el espectro del hidrógeno son muy ingeniosas y parecen funcionar bien; pero la mezcla de las ideas de Planck con la vieja mecánica hace que sea muy difícil formarse una idea de cuál es la base de todo esto. Me parece que existe una grave dificultad en su hipótesis, de la que no dudo usted es completamente consciente; a saber, ¿cómo decide un electrón en qué frecuencia va a vibrar cuando pasa de un estado estacionario a otro? Me parece que tendrá que suponer que el electrón sabe de antemano dónde va a parar.

Era, por supuesto, una dificultad tan evidente como difícil de resolver. Se necesitó una mecánica cuántica, y su interpretación, para dar cuenta de ella.

La mecánica cuántica de Heisenberg

Veinte años después de que Einstein hubiese

defendido la necesidad de utilizar los cuantos de Planck para entender algunos fenómenos en los que intervenía la luz, en 1925, llegó la primera formulación de una mecánica cuántica, cuyo responsable fue otro joven alemán, Werner Heisenberg (1901-1976), que formaba ya parte de la comunidad internacional de físicos. Y el año siguiente, 1926, el austríaco Erwin Schrödinger (1887-1961) ofrecía otra versión de la mecánica cuántica, aparentemente muy diferente de la Heisenberg. Ese mismo año, el inglés Paul Adrien Maurice Dirac (1902-1984) propuso una versión más formal, en realidad una reelaboración de la de Heisenberg. Pero mientras que en la abstracta formulación de Heisenberg, basada en matrices de infinitas filas y columnas, la imagen física de órbitas no figuraba entre los constructos de la teoría y primaba la discontinuidad, en la de Schrödinger (mecánica ondulatoria) se daba preferencia a la continuidad y se basaba en las familiares ecuaciones en derivadas parciales.

La novedad de la teoría de Heisenberg —el hecho de que renunciara a cualquier tipo de «visualización», basándose en su lugar en «observables»— hizo que algunos de los más destacados físicos la rechazasen. El propio Heisenberg era consciente de la dificultad de su teoría, como señalaba en una carta a Einstein fechada el 16 de noviembre de 1925:



Werner Heisenberg.
© *Akg-images/Album*

> No sé si las suposiciones básicas de la teoría no le resultan a usted atractivas desde el principio; pero a mí no me era factible una salida a esta acumulación de dificultades que existía en la teoría cuántica desde los últimos años, si en principio uno no reflexionaba precisamente sobre las magnitudes observables. También a mí me parecía muy mal que se perdiese completamente el comprender de manera intuitiva, y no me atreví durante algún tiempo a publicar este material. Pero conseguí calmar mi conciencia pensando que los átomos ciertamente no existirían si nuestros conceptos espacio-temporales no fueran tan siquiera solo aproximadamente correctos para distancias muy pequeñas. Obviamente, yo también me siento muy infeliz con el estado actual de la teoría porque todo está tan incompleto que no se logra una determinación precisa de las condiciones espacio-temporales que realmente gobiernan los átomos. Hasta el momento lo mejor de la teoría es probablemente la matemática realizada por Born y Jordan.

Einstein consideraba el formalismo matricial de Heisenberg, como manifestó en una carta que envió el 25 de diciembre de 1925 a su íntimo amigo el

ingeniero Michele Angelo Besso, un «cálculo de hechicería, donde aparecen determinantes infinitos (matrices) en lugar de las coordenadas cartesianas. Esto es eminentemente ingenioso y, a causa de su complicación, está protegido contra toda demostración de falsación».

El 12 de octubre de 1926, Max von Laue (1879-1960), otro miembro de la élite berlinesa, se quejaba a Schrödinger en tono parecido del «monstruoso tratamiento» que Wolfgang Pauli (1900-1958) había dado al problema del átomo de hidrógeno utilizando el método matricial de Heisenberg.

La opinión de Niels Bohr era muy diferente, como explicaba al físico británico, y yerno de Rutherford, Ralph H. Fowler el 26 de noviembre de 1925:

> […] Por otra parte, no tengo mucho que contar, excepto que aquí hemos estado, por supuesto, extremadamente interesados en el maravilloso progreso relativo al desarrollo de la mecánica cuántica racional debido al trabajo de Heisenberg. Seguramente ya ha oído usted mismo que Pauli acaba de lograr deducir la fórmula de Balmer de la nueva teoría. De Heisenberg he sabido que [Paul A. M.] Dirac en Cambridge [donde también profesaba Fowler], independientemente del trabajo de [Max] Born, ha realizado algunas importantes contribuciones a la formulación matemática de la mecánica cuántica. Le estaría muy agradecido si pudiera darme alguna información más precisa sobre su trabajo, o si él tuviera una copia disponible de su artículo que pudiera ser tan amable de prestarme. De hecho, últimamente he estado escribiendo una descripción general del estado actual de los problemas atómicos, que es la reelaboración de una conferencia sobre la mecánica y teoría atómica que di este verano en el congreso matemático escandinavo en Copenhague.

La valoración de la nueva mecánica cuántica por parte de físicos como Einstein no mejoró cuando Max Born (1882-1970), catedrático de Física Teórica en Gotinga —al que Bohr mencionaba en la carta anterior—, y Pascual Jordan (1902-1980) unieron fuerzas con

Heisenberg para dar una forma matemática más precisa a la formulación de Heisenberg, en lo que enseguida se conoció como el artículo de los «tres hombres» (*Drei-Männer Arbeit*). En ese trabajo («Zur Quantenmechanik. II», *Zeitschrift für Physik 35* (1926, pp. 557-615), la mecánica matricial adoptó su forma más acabada. En la mejor tradición matemática de Gotinga, contenía el aparato matemático completo que se convertiría en habitual en los textos de mecánica cuántica: autovalores (espectros discretos y continuos) y autovectores, transformaciones canónicas, formas cuadráticas de Hilbert con un número infinito de variables, al igual que relaciones generales de conmutación.

El 7 de marzo de 1926, Einstein escribía a la esposa de Max Born, Hedwig: «Los conceptos de Heisenberg y Born nos han dejado a todos sin respiración, y han causado una profunda impresión en todos los orientados a la teoría. En lugar de sombría resignación, ha surgido en nosotros, gente de sangre espesa, una singular tensión». El 13 de marzo, Einstein confesaba a Hendrik A. Lorentz, catedrático en la Universidad de Leiden (era el físico más respetado en la comunidad internacional y por quien Einstein sentía devoción), que «He estado bastante ocupado con Heisenberg-Born. Con toda la admiración que siento por el intelecto detrás de estos artículos, mi instinto todavía se resiste a este tipo de concepción».

Aunque se esforzaban por comprenderla, la formulación altamente matemática y abstracta de Heisenberg-Born-Jordan planteaba serios problemas a muchos físicos, en especial a aquéllos que se habían educado e investigado en la física anterior. Así, Gustav Mie (1868-1957), catedrático en la Universidad de

Friburgo, escribía a Einstein el 27 de abril de 1926:

> Querido colega:
>
> ¡Mis más sinceras gracias por enviarme todos sus artículos de los últimos años! De hecho, mucho de ello me es aún desconocido, y voy a dedicarme ahora a estudiarlos detenidamente. Durante las últimas semanas me he estado familiarizando con muchas partes de la teoría de Heisenberg, Born y Jordan, especialmente con respecto a la radiación de un cuerpo negro. Desgraciadamente tengo que reconocer que no es fácil para un muy acosado director de instituto mantenerse al día en todos los aspectos, y es solamente ahora que he leído cuidadosamente algunos de los viejos artículos. La belleza de la nueva mecánica cuántica me impresiona mucho, aunque inicialmente me costó un verdadero esfuerzo abrazar completamente el punto de vista de que uno debe abandonar el principio de causalidad y reemplazarlo con estadística desde el principio. Pero debo decir que tampoco ahora me he llegado a convencer de que no podremos, al menos en el previsible futuro, avanzar más de otra forma.

Ante los sentimientos de repulsa y frustración que suscitaron los trabajos de los físicos «matriciales» (los que adoptaron la mecánica cuántica de matrices de Heisenberg) entre muchos otros físicos, se puede comprender su alivio cuando Erwin Schrödinger presentó, menos de medio año después de la teoría cuántica matricial de Heisenberg, la ya mencionada mecánica ondulatoria, que prometía un retorno a la física que les resultaba más familiar, y que describía los fenómenos físicos en forma causal mediante ecuaciones en derivadas parciales en el espacio y en el tiempo.



Erwin Schrödinger.

Aquellos a los que repugnaba renunciar a la máxima clásica «*natura non facit saltus*», los «caballeros del continuo», como Heisenberg los llamaba en sus cartas a Pauli, recibieron con entusiasmo las contribuciones de Schrödinger. Einstein (carta a Schrödinger, 26 de abril de 1926) estaba convencido de que Schrödinger había «realizado un avance decisivo con su formulación de la condición cuántica, de la misma manera que estoy convencido de que el camino abierto por Heisenberg-Born es erróneo»; Planck (carta a Schrödinger, 2 de abril de 1926) leyó los artículos de 1926 «igual que un niño curioso escucha con suspense la solución de un rompecabezas que le ha preocupado durante mucho tiempo, y también estoy encantado con la belleza que salta a la vista», y Hendrik Antoon Lorentz (carta a

Schrödinger, 27 de mayo de 1926), pese a tener algunas dudas, señalaba que si «tuviese que escoger ahora entre su mecánica ondulatoria y la mecánica matricial, daría preferencia a la primera debido a su mayor claridad intuitiva».

De hecho, el entusiasmo de Planck llegó a tal punto que, próxima ya su jubilación, eligió a Schrödinger como su sucesor en la cátedra de Berlín, puesto del que Schrödinger tomó posesión el 1 de octubre de 1927 y al que sumaría el de miembro de la Academia Prusiana de Ciencias en febrero de 1929. Sin embargo, pronto se descubrió que la interpretación de Schrödinger —que pretendía entender las partículas como paquetes de ondas— no se podía mantener, como se encargó de demostrar Lorentz. En la carta que éste envió a Schrödinger el 27 de mayo de 1926, había mostrado no sólo que entendía perfectamente la idea física que subyacía en el artículo de Schrödinger, sino también sus problemas:

> Su conjetura de que la transformación que tendrá que experimentar nuestra dinámica será similar a la transición de la óptica de rayos a la óptica ondulatoria resulta muy tentadora, pero tengo algunas dudas al respecto.
>
> Si le he entendido correctamente, entonces una «partícula», un electrón, por ejemplo, sería comparable a un paquete de ondas que se mueve con la velocidad de grupo.
>
> Pero un paquete de ondas, a la larga, nunca puede permanecer unido ni confinado a un pequeño volumen. La más pequeña dispersión en el medio lo disgregará en la dirección de propagación, e incluso sin esa dispersión se abrirá más y más en la dirección transversal. Debido a esta inevitable dispersión del paquete de ondas, no me parece que sea muy adecuado para representar cosas a las que queremos adscribir una existencia individual permanente.

Es decir, la dispersión de los paquetes de ondas hacía casi imposible el sostener la interpretación de

las partículas como ondas. Ahora bien, los problemas que surgían con la interpretación física de la mecánica ondulatoria de Schrödinger no significaban que el formalismo de la teoría fuese incorrecto, solamente el que había que descartar esa interpretación particular. Esto lo confirmó el descubrimiento de Schrödinger de la identidad matemática, formal, de la mecánica ondulatoria y la mecánica matricial.

Por su parte, los «paladines de la discontinuidad» no dudaban de la validez y la importancia de su enfoque abstracto y discontinuo. Como escribía Heisenberg a Wolfgang Pauli el 8 de junio de 1926:

> Cuanto más pienso en la parte física de la teoría de Schrödinger, más abominable la encuentro. Lo que Schrödinger escribe acerca de la claridad, a duras penas tiene sentido; en otras palabras, pienso que es basura.

Pero por mucho que les desagradase la formulación de Schrödinger, no era posible dejarla de lado. Y los «caballeros del discontinuo» reaccionaron; se apropiaron del aparato formal de la mecánica ondulatoria y modificaron radicalmente la interpretación que había dado Schrödinger. Un ejemplo de la intensidad de semejante apropiación se produjo a finales de 1926 cuando Schrödinger viajó a Copenhague invitado por Bohr. En su autobiografía, Heisenberg, que también se encontraba por entonces en Copenhague, comentó aquella visita en los siguientes términos:

> Las discusiones entre Bohr y Schrödinger empezaron ya en la estación de Copenhague y se alargaron cada día desde las primeras horas de la mañana hasta muy avanzada la noche. Schrödinger vivía en casa de los Bohr, de forma que, por razones externas, apenas había ocasión para interrumpir el diálogo. Bohr era siempre singularmente respetuoso y afable en el trato con los demás. Sin embargo, en esta ocasión se comportó, a mi juicio, como un fanático empedernido, que no estaba dispuesto a hacer concesión alguna a su interlocutor o a permitir la más mínima

falta de claridad.

Las discusiones se prolongaron, sin llegar a un acuerdo, con tal intensidad que «a los pocos días, Schrödinger, debilitado por las discusiones, se puso enfermo y tuvo que guardar cama por un resfriado con fiebre. La señora Bohr le cuidaba y le llevaba té y pasteles, pero Bohr se sentaba al borde la cama y retornaba al tema con Schrödinger: "Usted tiene que comprender que…"».

Tras abandonar Copenhague, Schrödinger escribió el 21 de octubre a Wilhelm Wien:

> La aproximación de Bohr a los problemas atómicos […] es realmente llamativa. Está completamente convencido de que cualquier comprensión en el sentido habitual de la palabra es imposible. Por consiguiente, la conversación casi inmediatamente se dirige hacia cuestiones filosóficas, y uno pronto no sabe si sostiene realmente la posición que él está atacando o si debe atacar la posición que él está defendiendo.

Por su parte, Bohr daba cuenta del intercambio que había mantenido con Schrödinger en una carta que envió a Ralph Fowler el 26 de octubre:

> Hemos disfrutado mucho con la visita de Schrödinger. Las discusiones se centraron gradualmente en el problema de la realidad física de los postulados de la teoría atómica. Todos estuvimos de acuerdo en que una teoría continua, en la forma indicada en su último artículo, conduce en un cierto número de puntos a expectativas fundamentalmente diferentes a las de la habitual teoría discontinua. El propio Schrödinger mantiene su esperanza de que la idea puede prescindir completamente de los estados estacionarios y de las transiciones, pero creo que al final conseguí convencerlo de que para que este deseo se haga realidad debe estar preparado a pagar un precio, en lo que se refiere a la reformulación de conceptos fundamentales, un precio formidable comparado con los contemplados hasta ahora por aquellos que apoyan la idea de una teoría continuista de los fenómenos atómicos. Entiendo que Schrödinger ha estado trabajando bajo la impresión de que la característica esencial de la mecánica matricial era el reconocimiento final de la imposibilidad de adscribir una realidad física a un estado estacionario individual, pero creo que esto es confundir los medios con los fines de la

> teoría de Heisenberg. Precisamente ahora en la mecánica ondulatoria poseemos los medios para representar un estado estacionario individual, que sirven para todos los fines que sean consistentes con los postulados de la teoría cuántica. De hecho, ésta es la verdadera razón de la superioridad que en ciertos aspectos exhibe la mecánica ondulatoria cuando se la compara con el método matricial, que en otros aspectos es tan maravillosamente adecuado para mostrar la auténtica correspondencia entre la teoría cuántica y las ideas clásicas.

El último, y definitivo, «asalto de apropiación» de la mecánica ondulatoria por parte de los seguidores de Heisenberg provino de Max Born, quien dio a la función de onda de la ecuación de Schrödinger la interpretación probabilista, que todavía mantiene, en un artículo titulado «Zur Quantenmechanik der Stossvorgänge. (Vorläufige Mitteiling)» («Sobre la mecánica cuántica de las colisiones [Comunicación preliminar])». Este artículo llegó a la redacción del *Zeitschrift für Physik* el 25 de junio de 1926 y se publicó en el número del 10 de julio; en él señalaba que el producto de la función de onda ψ por su compleja conjugada, ψ*, esto es, ψψ*, representa la probabilidad de que se dé un resultado concreto. Esta interpretación alejaba aún más a la mecánica cuántica ondulatoria de la interpretación que Schrödinger y los «caballeros del continuo» habían deseado. En este sentido, el 29 de agosto de 1927 Hendrik A. Lorentz escribía a Paul Ehrenfest, su sucesor en la cátedra de Leiden:

> Sin embargo, no soy un entusiasta de la idea de ψψ* como una probabilidad. Me parece que sería mejor no hablar más, en la nueva mecánica, de electrones que ocupan ciertos lugares y se mueven de cierta manera. (De la misma forma, uno también podría evitar hablar de «estados» del átomo y de «transiciones».) La nueva mecánica simplemente introduce todo tipo de cantidades, de las cuales ψψ* es una, para describir matemáticamente las observaciones. Una vez que uno ha conseguido tratar de esta manera a todos los fenómenos (o a todo

un grupo), entonces puede considerar si es adecuado dar nombres a ψψ* y cosas por el estilo.

El principio de incertidumbre

En 1927, Heisenberg volvió a dar un golpe de gracia a la vieja visión causal con la publicación de un artículo en el *Zeitschrift für Physik*, «Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik» («El contenido físico de la cinemática y mecánica cuántica»). En él presentó el famoso principio de incertidumbre, que sostiene que determinadas parejas de magnitudes (denominadas canónicamente conjugadas), como la posición y la velocidad, o la energía y el tiempo, sólo se pueden conocer de manera simultánea con una indeterminación, Δ, característica de valor igual o superior a la constante de Planck; esto es, $\Delta x \cdot \Delta p \geq h$, donde x representa la posición y p el momento lineal (el producto de la masa por la velocidad). A partir de este resultado, al final de su artículo Heisenberg extraía una conclusión con implicaciones filosóficas de largo alcance: «En la formulación fuerte de la ley causal "Si conocemos exactamente el presente, podemos predecir el futuro", no es la conclusión, sino más bien la premisa la que es falsa. *No podemos conocer*, por cuestiones de principio, el presente en todos sus detalles». Y añadía:

> En vista de la íntima relación entre el carácter estadístico de la teoría cuántica y la imprecisión de toda percepción, se puede sugerir que detrás del universo estadístico de la percepción se esconde un mundo «real» regido por la causalidad. Tales especulaciones nos parecen —y hacemos hincapié en esto— inútiles y sin sentido, ya que la física tiene que limitarse a la descripción formal de las relaciones entre percepciones.

El artículo de Heisenberg se recibió en el *Zeitschrift für Physik* el 23 de marzo (1927); el 13 de abril, Niels Bohr, con quien Heisenberg entonces

estaba estrechamente asociado (pasaba un tiempo en su Instituto de Copenhague), enviaba a Einstein una carta en la que adjuntaba las pruebas de imprenta del artículo:

> Querido Einstein:
>
> Antes de su viaje de vacaciones a las montañas de Baviera, Heisenberg me pidió que le enviase una copia de las pruebas que estaba esperando de un nuevo artículo en el *Zeitschrift für Physik*, que esperaba pudiera interesarle. Me atrevo a decir que este artículo, que adjunto, representa una contribución muy importante a la discusión de los problemas generales de la teoría cuántica. Como el contenido está estrechamente relacionado con las cuestiones que yo he tenido el gran placer de discutir con usted varias veces —muy recientemente durante los inolvidables días en Leiden en las celebraciones de Lorentz—, querría aprovechar la oportunidad para incluir algunos comentarios sobre el problema que usted trató recientemente en la revista de la Academia de Berlín [se refería a A. Einstein, «Über die Interferenzeigenschaften des durch Kanalstrahlen emittierten Lichtes», *Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss., Jg.* (1926, pp. 334-340)]. Se ha reconocido desde hace tiempo, por supuesto, lo íntimamente relacionadas que están las dificultades de la teoría cuántica con los conceptos, o más bien con las palabras que se utilizan en la descripción habitual de la naturaleza, y que todo tiene su origen en las teorías clásicas. Estos conceptos nos dejan solamente con la elección entre Caribdis y Escila [dos monstruos de la mitología griega que se encontraban en las orillas opuestas de un estrecho canal de agua, tan cerca que quienes intentaban evitar a uno tenían que pasar muy cerca del otro], según lo cual dirigimos nuestra atención hacia los aspectos continuos o discontinuos de la descripción. Sin embargo, al mismo tiempo sentimos que son las esperanzas, condicionadas por nuestras propias costumbres, las que nos tientan, por cuanto hasta ahora nos ha sido posible mantenernos navegando entre las realidades, siempre y cuando estemos preparados para sacrificar cualquier deseo asumido. Esta misma circunstancia de que las limitaciones de nuestros conceptos coinciden tan estrechamente con las limitaciones de nuestras posibilidades nos permite —como Heisenberg señala— evitar contradicciones.

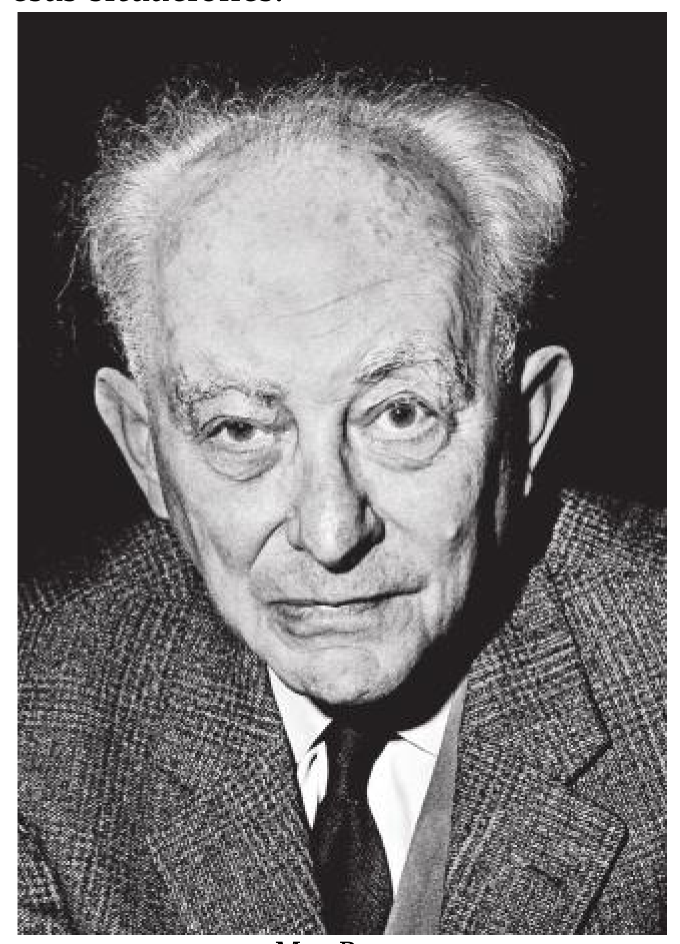
Y tras detenerse en los cálculos que llevaban al principio de incertidumbre, Bohr continuaba:

> Heisenberg demuestra de una forma extremadamente brillante

> cómo sus relaciones de incertidumbre se pueden utilizar no sólo en el actual desarrollo de la teoría cuántica, sino también para juzgar su contenido visual. En tanto que esta relación es consecuencia directa del formalismo mecánico-cuántico, el conjunto constituye un sistema muy cerrado, al menos cuando uno se limita a los fenómenos mecánicos.

Con todos estos elementos se elaboró la ya citada «interpretación de Copenhague» de la mecánica cuántica, por el papel destacado de Niels Bohr (su Instituto de Física en la capital danesa se convirtió en la meca de los físicos cuánticos) en su formulación y divulgación. Según esta interpretación —que esbocé al comienzo de este capítulo— la función de onda que surge de la ecuación de Schrödinger está constituida por la suma de una serie de funciones, asociadas a las diferentes situaciones físicas posibles, cada una con una probabilidad. Si no se produce ninguna observación-medida, el sistema dado por la función de onda principal evoluciona de manera continua, regida por la ecuación de ondas de Schrödinger. Pero esta situación no se mantiene cuando se realizan medidas. Y en este punto hace su entrada «el observador» (o el «aparato con el que se realiza la medida»), que, según la interpretación de Copenhague, es especialmente importante. Bohr supuso que existe una separación neta entre objeto observado y aparato observador, con el primero obedeciendo las leyes «cuánticas», mientras que el segundo obedece las leyes «clásicas». Entre los dos existe un cierto tipo de «corte» conceptual. Cuando se realiza una medida, o una observación, se produce un «colapso de la función de onda»; esto es, el sistema —no se sabe cómo— elige una situación determinada, expresada por una de las funciones mencionadas antes. Lo único que dice la mecánica cuántica es la probabilidad de que se produzca una u

otra de esas situaciones.



Max Born.

Einstein no aceptó esta interpretación, ajena a su querida causalidad. Es famosa la frase de la carta que escribió a Max Born el 4 de diciembre de 1926: «La mecánica cuántica obliga a que se la respete. Pero una voz interior me dice que todavía no es la cosa real. La teoría nos aporta muchas cosas, pero apenas nos acerca al secreto del Viejo [*des Alten*]. De todas maneras, yo estoy convencido de que Él no juega a los dados [*das* der *nicht würfelt*]».

La discusión sobre si la interpretación, probabilista, de Copenhague es la única posibilidad

para describir los fenómenos cuánticos todavía continúa. Entre los que destacaron en la tarea de buscar alternativas se encuentra el físico estadounidense David Bohm, cuya biografía es lo suficientemente interesante como para dedicarle unas líneas.[21]

Cuando completó su tesis doctoral (en Berkeley) en 1943, era considerado como uno de los físicos teóricos más prometedores de su generación. Los años de la Segunda Guerra Mundial los pasó en Berkeley (aunque el general Groves no le autorizó a participar en el Proyecto Manhattan), y al término de la contienda pasó a Princeton como profesor ayudante. Después de haber investigado en la física de los plasmas y haber publicado un libro de texto muy bien recibido, *Quantum Theory* (1951), ese mismo año, el Comité de Actividades Antiamericanas (*House Un-American Activities Committee*) del Congreso lo convocó para tratar de sus actividades y relaciones con el Partido Comunista durante la guerra, en el Laboratorio de Radiación de Berkeley. Se acogió entonces a la Quinta Enmienda, que protege contra la autoincriminación. No obstante, fue arrestado, encarcelado, puesto en libertad condicional y finalmente juzgado por un tribunal (31 de mayo de 1951). Salió judicialmente indemne gracias a una resolución del Tribunal Supremo, que había confirmado la posibilidad de utilizar la Quinta Enmienda en casos como el suyo. Sin embargo, la Universidad de Princeton le dio una excedencia por el tiempo que le quedaba de contrato y no se lo renovó cuando expiró. Emigró entonces a Brasil, donde encontró trabajo (como Estados Unidos le retuvo el pasaporte, tuvo que adoptar la nacionalidad

brasileña). Pero no se encontraba a gusto en Brasil y, en enero de 1955, aceptó un puesto en el Technion de Haifa (Israel); dos años después se trasladó a Inglaterra, donde obtuvo finalmente una cátedra en el Birkbeck College de Londres; aquí pasó el resto de su carrera, centrada sobre todo en versiones causales de la mecánica cuántica y en otros enfoques no convencionales de la física. Lo recuerdo como un hombre pacífico, profundo y considerado, en su despacho de Birkbeck, al que me había llevado mi director de tesis, Sigurd Zienau, para que le conociese.

A comienzos de la década de 1950, siendo profesor ayudante en Princeton, Bohm elaboró una versión de la mecánica cuántica con variables ocultas, que definía como aquéllas que «en principio determinan el comportamiento preciso de un sistema individual pero que en la práctica son promedios sobre los tipos de medidas que se pueden realizar». Como ejemplo de los puntos de vista de Bohm citaré una carta que envió el 13 de diciembre de 1966 al físico belga Léon Rosenfeld (1904-1974), uno de los más fieles colaboradores de Bohr:

> Querido Rosenfeld:
>
> […] En segundo lugar, déjame repetir que las ideas de Niels Bohr se alejan mucho del «sentido común». En modo alguno esto es un comentario derogatorio de estas ideas. De hecho, Bohr suscitó problemas profundos, como la relación entre el sujeto y el objeto, y el papel del lenguaje al moldear nuestra aproximación a la naturaleza externa. En ningún lugar encontrará este tipo de cosas realizadas por un «hombre corriente» en sus actividades cotidianas rutinarias. Ningún gran científico o filósofo estaba contento con el «sentido común». De hecho, fue porque Bohr suscitó esas profundas cuestiones por lo que yo me sentí inicialmente atraído por esas ideas.
>
> Durante aproximadamente diez años estudié muy seriamente las nociones de Bohr. En este estudio encontré en su estilo de expresión una barrera tremenda. Como alguien me dijo una vez, «las afirmaciones de Bohr están diseñadas para anularse, en

primera aproximación, con respecto a su significado, y en segunda aproximación, con respecto a sus connotaciones. Es sólo en la tercera aproximación cuando uno puede esperar descubrir lo que Bohr quiere decir». Su estilo al hablar era incluso más difícil que su estilo de escribir. A veces me parecía que él estaba obsesionado con el problema de la comunicación, precisamente porque encontraba muy difícil el comunicarse.

Escribí mi libro *Quantum Theory* [1951] en un esfuerzo para entender la materia. Pero cuando lo había acabado, vi que no la había entendido. De hecho, cualquier cosa que en él estaba clara era el resultado de un esfuerzo para pensar en el electrón de manera unitaria y, por tanto, profundamente opuesta a toda la filosofía de Bohr. Cuanto más consideraba el problema, más veía que la teoría cuántica estaba enredada en una gran oscuridad y confusión. Considerada como un algoritmo matemático elaborado para calcular resultados experimentales, era lo suficientemente clara. Pero como estructura lógica coherente, es muy deficiente. Por ejemplo, después de escribir mi libro sobre *Relativity* [1965], consideré la idea de tratar de escribir un libro similar sobre la teoría cuántica. Pero pronto me di cuenta de que simplemente no entendía este último tema lo suficientemente bien como para hacerlo, y que no existe en la literatura base alguna incluso para comenzar a intentar aclarar la confusión que parece flotar sobre esa materia.

El resultado de todas estas dudas y consideraciones fue una versión causal de la mecánica cuántica.

59
HEISENBERG Y BOHR EN COPENHAGUE*

En septiembre de 1941, Werner Heisenberg viajó a Copenhague para pronunciar una serie de conferencias en el nuevo Instituto Alemán de Cultura de esta ciudad, en la que residía Niels Bohr, el gran patrón de la física cuántica, a la que había contribuido con el primer modelo atómico cuántico en 1913. Como vimos, ambos físicos habían mantenido una estrecha y afectuosa amistad desde hacía casi dos décadas, pero en 1941 Heisenberg ya no era el joven físico que había pasado tiempo en el Instituto de Física dirigido por Bohr en la capital danesa; ahora, lo quisiera o no, visitaba a su antiguo mentor como ciudadano prominente de Alemania, la nación que había invadido Dinamarca. De hecho, las conferencias formaban parte de la política nazi de promover la cultura alemana. Y Heisenberg no sólo era un físico teórico sobresaliente, sino que también estaba trabajando en Alemania en un proyecto para explorar las posibilidades de la fisión del uranio, entre ellas su utilización para fabricar bombas con un poder nunca antes alcanzado. (De la fisión del uranio trataré en el siguiente capítulo. Si altero la secuencia temporal es para continuar tratando de las relaciones entre Bohr y Heisenberg.)

Durante su estancia en Copenhague, Heisenberg visitó a Bohr. Se ha escrito mucho sobre lo que hablaron entonces, en particular la conocida obra de teatro *Copenhague* (1998), de Michael Frayn. Conocida y debatida, pues a Heisenberg se le han adjudicado propósitos muy diferentes: que quería sonsacar a Bohr

lo que podría saber de los esfuerzos aliados para fabricar bombas atómicas, conocer su opinión técnica sobre la fisión del uranio o transmitirle sus dudas morales, si es que las tenía, acerca de dotar a Hitler de semejante arma. Una opinión tal vez algo neutral es la que presentó en sus memorias (*The Joy of Insight*) el físico de origen austríaco Victor Weisskopf (1908-2002). Debido a su origen judío, Weisskopf tuvo que instalarse en Estados Unidos, donde desarrolló una brillante carrera que le permitió trabajar en el Laboratorio de Los Álamos del Proyecto Manhattan y ser director general del CERN entre 1961 y 1965. En opinión de Weisskopf, que conocía bien tanto a Bohr como a Heisenberg (había trabajado con ambos), éste fue a Copenhague a hablar con Bohr:

> […] sobre los problemas que el desarrollo de los explosivos nucleares habían creado para la humanidad y, en particular, para la comunidad de científicos. Resultó ser una desafortunada e inútil visita. Heisenberg no comprendía el profundo odio y la terrible desesperación que invadía a Dinamarca, una nación víctima de los nazis. Se expresó con vaguedad, temiendo que cualquier manifestación sobre el esfuerzo nuclear de Alemania, o cualquier duda acerca de la victoria alemana, le pusiera a él y a su familia en peligro mortal. Bajo estas condiciones fue difícil que Bohr viese a Heisenberg como un discípulo y amigo y no como un representante del opresor. Por su parte, Heisenberg podría haber esperado confiar en Bohr. Debería haber supuesto que su viejo amigo habría tomado todas las precauciones para evitar que se hubiese escuchado lo que hablasen y que nunca le habría traicionado.

La sombra de lo que Heisenberg pudo haber querido obtener de Bohr para favorecer los intereses de Alemania le persiguió el resto de su vida. Él se esforzó por argumentar que su liderazgo fue esencial para retrasar el proyecto nuclear germano y que no

quería que Hitler dispusiera de una bomba atómica. Pero como todo aquello que entra en el resbaladizo dominio de las interpretaciones, es difícil extraer conclusiones firmes. Y no se debe olvidar que los científicos no son seres inmunes a los sentimientos patrióticos. Menos aún Heisenberg.

La interpretación de lo que pudieron hablar se ha basado principalmente en once documentos que se conservan en el Archivo Bohr de Copenhague. Dictados o escritos por Bohr, esos documentos consisten —aparte de una carta de Heisenberg, fechada el 22 de diciembre de 1961, en la que sólo mencionaba detalles científicos de aquel momento— de borradores de cartas o notas privadas referidas en parte al encuentro de 1941, pero que nunca se enviaron o hicieron públicas (hasta 1998). El primero de esos documentos no está datado, pero parece ser de 1957. Estaba pensado como respuesta de Bohr a una carta que Heisenberg envió al periodista Robert Jungk y que apareció en la primera edición en danés (1957) del libro que éste había publicado en alemán en 1956 bajo el título de *Heller als Tausend Sonnen*, más conocido por su traducción al inglés, *Brigther than a Thousand Suns*. En esta carta, el creador de la mecánica de matrices intentaba exonerarse, como hizo en otras ocasiones. Merece la pena recordar su contenido:



Heisenberg y Bohr en Copenhague (*c.* 1932).

Personalmente recuerdo cada palabra de nuestras conversaciones, que tuvieron lugar en un trasfondo de extrema tensión y tristeza para nosotros aquí en Dinamarca. En particular, produjo una fuerte impresión tanto en Margrethe [la esposa de Niels] como en mí, y en todos los del Instituto con los que los dos hablasteis, que tú y [Carl von] Weizsäcker [colaborador de Heisenberg] expresaseis vuestra firme convicción de que Alemania ganaría la guerra, y que por tanto no tenía sentido que mantuviésemos la esperanza de que se produjese un resultado diferente en la guerra y que nos mantuviésemos reticentes con relación a todas las ofertas alemanas de cooperación. También recuerdo con bastante claridad nuestra conversación en mi despacho del Instituto, en la que en términos vagos hablaste de una manera que solamente me podría producir la firme impresión de que, bajo tu liderazgo, se estaba haciendo en Alemania todo lo necesario para desarrollar armas atómicas, y que dijiste que no era necesario hablar sobre los detalles, ya que estabas completamente familiarizado con ellos y habías pasado los dos últimos años trabajando de forma más o menos exclusiva en tales preparaciones. Escuché esto sin decir nada, ya que en todo esto estaba implicado tanto para la humanidad que, a pesar de nuestra amistad personal, teníamos

> que ser considerados como representantes de bandos enfrentados en un combate mortal. Que mi silencio y gravedad, como escribes en la carta, pudiese ser tomado como una expresión de sorpresa ante tus informes de que era posible fabricar una bomba atómica es una mala comprensión, bastante peculiar, del que debe ser responsable la gran tensión de tu mente.

Y añadía:

> Desde el día, tres años antes, en que me di cuenta de que neutrones lentos podían producir la fisión del uranio 235 y no del 238, se me hizo evidente que se podría fabricar una bomba con determinados efectos separando estos dos uranios. En junio de 1939 incluso había dado una conferencia en Birmingham sobre la fisión del uranio, en la que hablé de los efectos de tal bomba, pero por supuesto añadí que las preparaciones técnicas serían tan grandes que no se sabía cuándo podrían ser superadas. Si algo de mi comportamiento se puede interpretar como perturbador, no procedió de tales informes, sino más bien de las noticias, tales como yo las entendía, de que Alemania estaba participando vigorosamente en la carrera por ser la primera con armas atómicas.
>
> Además, entonces yo no sabía nada sobre cuán lejos habían llegado ya Inglaterra y América, algo que solamente supe el año siguiente cuando fui capaz de ir a Inglaterra después de haber sido informado de que la fuerza de ocupación alemana en Dinamarca estaba preparándose para arrestarme.

Bohr tuvo, efectivamente, que abandonar Dinamarca. Ya a comienzos de 1943, a través del Servicio Secreto de Inteligencia británico, había recibido una carta de James Chadwick, el descubridor del neutrón en 1932, en la que le invitaba a trasladarse a Inglaterra. «No existe científico en el mundo —le decía Chadwick— que fuese mejor aceptado tanto para nuestros universitarios como para el público en general», y que sería libre de trabajar en lo que desease. Pero, como había hecho antes con

otras invitaciones, Bohr declinó la oferta. Sin embargo, a finales de aquel año le avisaron de que iba a ser arrestado, ya que los alemanes planeaban deportar a toda la población judía de Dinamarca. Entonces aceptó y se le trasladó junto a toda su familia a Suecia, desde donde primero él y luego su hijo Aage (futuro Premio Nobel de Física) viajaron a Inglaterra; más tarde, en el otoño de 1944, se unió al Proyecto Manhattan, aunque no a tiempo completo. (No sólo los Bohr escaparon de la amenaza nazi; también se organizó una salida secreta masiva de judíos hacia Suecia, de manera que casi todos los judíos daneses salvaron la vida.)

La anterior carta-borrador de 1957 es la más interesante de los documentos citados antes, en los que con frecuencia Bohr mencionaba que esperaba «tener la oportunidad de hablar con más detalle sobre algunas cuestiones y aclarar varios malentendidos, especialmente en relación con la visita que tú y Weizsäcker hicisteis a Copenhague en 1942 [fue en 1941], sobre cuyo trasfondo y propósito todavía se preguntan en muchos lugares» (27 de diciembre de 1961). Como se ve, todos esos documentos son muy posteriores a 1941, pero existe otro que data del mismo momento de la visita: una carta que Heisenberg escribió a su esposa Elisabeth, y que arroja alguna luz sobre lo que pensaba realmente aquél:

> Copenhague, noche del martes, 16 de septiembre.
>
> ¡Mi querida Li!
>
> Aquí estoy de nuevo en la ciudad que tan familiar me es y donde una parte de mi corazón ha quedado atrapada desde aquel tiempo de hace quince años. Cuando escuché de nuevo por primera vez las campanas de la torre del ayuntamiento, cercana a la ventana de la habitación de mi hotel, resonaron profundamente

en mi interior; todo ha permanecido casi igual, como si nada en el mundo hubiese cambiado. Es tan extraño cuando de repente te encuentras una parte de tu propia juventud, como si estuvieras encontrándote contigo mismo. También me gustó el viaje para llegar aquí: en Berlín llovía a cántaros, en Neustreliz tormenta y ráfagas de lluvia como si cayeran de un cubo, en Rostock aclaró, a partir de Wenemünde el cielo casi estaba sin nubes, pero todavía soplaba un fuerte viento del norte, y así permaneció hasta que llegué aquí. Ya tarde por la noche caminé bajo un cielo claro y estrellado a través de la ciudad, para ver a Bohr.

Bohr y su familia están bien; él ha envejecido un poco, sus hijos ahora han crecido completamente. La conversación giró rápidamente hacia las preocupaciones humanas y los desgraciados sucesos de estos tiempos. Acerca de los asuntos humanos, el consenso está dado; en cuestiones de política, encuentro difícil que incluso un gran hombre como Bohr no pueda separar completamente pensamiento, sentimiento y odio. Pero probablemente uno no los deba separar nunca. La Sra. Bohr también se encuentra bien; me preguntó mucho por ti y los niños, especialmente por María. […] Más tarde, me senté durante mucho tiempo, solos Bohr y yo; era ya después de medianoche cuando me acompañó, junto a Hans [Bohr], al tranvía.

La noche del jueves 18 de septiembre, continuaba su carta:

Después de todo, llevaré esta carta conmigo a Alemania y la enviaré desde allí. Por todo lo que he oído, la censura también retrasaría su llegada varios días, de manera que no tiene sentido que un censor leyese esta carta. [...] Ayer estuve de nuevo con Bohr toda la tarde; aparte de la Sra. Bohr y los niños, estaba una joven inglesa que han recibido los Bohr porque no puede regresar a Inglaterra. Es algo extraño hablar con una mujer inglesa estos días. Durante las inevitables conversaciones políticas, donde natural y automáticamente la parte que me tocó fue defender nuestro sistema, ella se retiró y pensé que estuvo bien de su parte que lo hiciera.

Esta mañana estuve en el muelle con Weizsäcker, ya sabes, allí en el puerto, donde está el Langelinie [paseo y parque de Copenhague donde se encuentra la famosa escultura, «La sirenita»]. Ahora allí están anclados barcos de guerra alemanes, cruceros auxiliares y otros del estilo. Fue el primer día con calor,

el puerto y el cielo brillaban. [...] En el pabellón del Langelinie comimos, alrededor nuestro sólo había gente feliz, alegre, al menos así nos lo parecía a nosotros. En general, la gente parece feliz aquí. Por la noche se ve en las calles a todas esas felices y radiantes jóvenes parejas, probablemente saliendo a bailar por la noche, sin pensar en otra cosa. Es difícil imaginar algo más diferente que la vida en la calle aquí y en Leipzig.

En el Instituto de Bohr tuvimos algunas discusiones científicas; sin embargo, el grupo de Copenhague no sabe mucho más de lo que sabemos nosotros. Mañana comienzan las conferencias en el Instituto Científico Alemán; la primera conferencia oficial es la mía, mañana por la noche. Tristemente, los miembros del Instituto de Bohr no asistirán por razones políticas. Teniendo en cuenta que los daneses están viviendo con completa libertad y les está yendo tan bien, es sorprendente cuánto odio y temor ha surgido aquí, de manera que incluso un acercamiento en la arena cultural —donde solía ser automático en tiempos pasados— se ha hecho casi imposible. En el Instituto de Bohr di una breve charla en danés; por supuesto, esto fue como en los viejos tiempos (las personas del Instituto Científico Alemán la habían aprobado explícitamente), pero nadie quiere ir al Instituto Alemán por principio o porque durante y después de su fundación se dieron algunos discursos militaristas sobre el Nuevo Orden en Europa.

Y el sábado 20 continuaba:

Ya sólo me queda esta noche en Copenhague. Me pregunto cómo habrá cambiado el mundo cuando vuelva aquí. Me resulta extraño pensar que entretanto todo continuará siendo igual, que las campanas en la torre del ayuntamiento continuarán sonando cada hora, produciendo una pequeña melodía al mediodía y a medianoche. Y, sin embargo, cuando regrese, la gente será más mayor, el destino de cada uno habrá cambiado, y no sé cómo me irá a mí.

Y seguía dando a Elisabeth otros detalles que reflejan su mentalidad germana, que no parecía darse cuenta de que nada era normal, que Alemania había invadido la Dinamarca que tantos recuerdos felices le suscitaban. Decía a su esposa que había asistido a una

recepción en la embajada alemana, donde había conocido al arquitecto alemán que había construido el Estadio de Deportes del Reich en Berlín, y que estaba en Copenhague para construir una nueva escuela alemana.

Es casi seguro que Werner Heisenberg no fue nazi, pero más cierto aún es que su ferviente nacionalismo alemán le impedía darse cuenta de que para otros, para los daneses, para Niels Bohr, simplemente era el ciudadano patriota de una nación que había invadido Dinamarca con el único argumento del poder de su ejército.

EL DESCUBRIMIENTO DE LA FISIÓN DEL URANIO*

Los descubrimientos científicos no sólo permiten entender mejor qué existe en la naturaleza, en la terrestre y en la cósmica, y cómo se comportan los objetos y fenómenos que se dan en ella; también afectan a nuestras vidas de innumerables formas, en algunos casos de manera más evidente que en otros. El descubrimiento de la fisión del uranio a finales de 1938 es uno de esos casos cuyas consecuencias han sido muy notorias. Los hechos puramente científicos se pueden resumir con facilidad. Dentro de un programa de investigación establecido desde hacía años, el químico nuclear Otto Hahn (1879-1968) realizó a finales de 1938 una serie de experimentos, junto con su colaborador Fritz Strassmann (1902-1980), en el Instituto de Química de la Kaiser-Wilhelm Gesellschaft (Asociación Káiser Guillermo) de Dahlem, cerca de Berlín. En esta ocasión utilizaron neutrones lentos para bombardear el uranio. Para su sorpresa, observaron que obtenían bario (número atómico 56), un elemento mucho más ligero que el uranio (número atómico 92). Parecía que el núcleo de uranio se había partido en dos, que se había *fisionado*. Pero jamás se había visto algo parecido; las transmutaciones atómicas descubiertas hasta entonces involucraban transformaciones de un elemento a otro cercano a él en la tabla periódica. El 6 de enero de 1939 publicaban el correspondiente artículo en el que manifestaban sus dudas ante sus «peculiares resultados» («Über den Nachweis und das Verhalten der bei der Bestrahlung des Urans mittels Neutronen entstehenden Erdalkalimetalle», *Die Naturwissenschaften*, 1939, pp. 11-15):

[…] Como químicos debemos afirmar que los nuevos productos son bario. […] Sin embargo, como químicos nucleares, que trabajan muy próximos al campo de la física, no podemos decidirnos a dar un paso tan drástico que va en contra de todos los experimentos realizados anteriormente en la física nuclear. Acaso se hayan dado una serie de coincidencias poco habituales que nos han proporcionado indicaciones falsas.



Lise Meitner y Otto Hahn, en su laboratorio de Dahlem (1913).
© *Science Source/ALBUM*

Strassmann sustituía a Lise Meitner (1878-1968), quien durante treinta años había compartido, en pie de igualdad, la investigación con Hahn, pero que

como austríaca de origen judío había tenido que abandonar Alemania tras la anexión de Austria, el *Anschluss*, en marzo de 1938. El hecho de que Meitner no compartiera con Hahn el mérito del descubrimiento de la fisión del uranio se debió, por consiguiente, a una circunstancia política.

La explicación teórica de la fisión

Al abandonar Alemania, Lise Meitner se instaló en Suecia, donde encontró acomodo profesional en Estocolmo, en el Instituto dirigido por Manne Siegbahn, quien había recibido el Premio Nobel de Física en 1924 por «sus descubrimientos e investigación en el campo de la espectroscopía de rayos X». Durante su exilio, Meitner recibió una carta de Hahn con la noticia del descubrimiento de la fisión del uranio. Meitner se encontraba pasando las vacaciones de Navidad en Kungälv, cerca de Gotemburgo, junto a su sobrino Otto R. Frisch (1904-1979), también físico y exiliado forzoso, que trabajaba por entonces en el Instituto de Física dirigido por Niels Bohr en Copenhague. Utilizando una idea que George Gamow había sugerido años atrás y que Niels Bohr había desarrollado, la de que el núcleo podía ser como una gota líquida, comprobaron que la carga eléctrica del núcleo de uranio era suficiente para superar casi por completo el efecto de la tensión superficial (que se opone a que una gota se divida), de manera que el núcleo se hacía inestable, listo para dividirse a la menor provocación, como podría ser el impacto de un solo neutrón. Y con la ayuda de la fórmula einsteniana $E = mc^2$ pudieron explicar otros detalles que les permitieron entender el fenómeno descubierto por Hahn y Strassmann, ¡y todo antes de que se hubiese publicado el artículo de éstos!

Poco después Frisch regresó a Copenhague, donde informó a Bohr, que estaba a punto de embarcar rumbo a Estados Unidos para pasar tres meses en la Universidad de Princeton. Con él iba su hijo Erik y su estrecho colaborador, Léon Rosenfeld. El 16 de enero el barco llegaba a Nueva York, donde le esperaban John Wheeler y Enrico y Laura Fermi. Nada más desembarcar Bohr dijo unas palabras a Wheeler sobre las noticias que Frisch le había traído. Niels y Erik se fueron entonces con los Fermi para una breve estancia en Nueva York, antes de trasladarse a Princeton, a donde Wheeler llevó a Rosenfeld. En el camino, Wheeler le convenció para que diese una charla en Princeton sobre el descubrimiento de Hahn y Strassmann, la interpretación de Meitner y Frisch, y la conclusión a la que había llegado Bohr con Rosenfeld durante la travesía, de que el nuevo proceso encajaba de manera natural con la teoría. La descripción de Rosenfeld causó una gran excitación, y un gran malestar a Bohr cuando supo de ella, ya que quería proteger el trabajo de Meitner y Frisch hasta que hubiese sido publicado (lo sería el 11 de febrero).

Entre los mecanismos que utilizaron los físicos estadounidenses para difundir la noticia no faltaron las cartas. El 28 de enero, Robert Oppenheimer, el futuro líder del Proyecto Manhattan, por entonces profesor en Berkeley, escribía a William A. Fowler, uno de sus discípulos en el California Institute of Technology, donde Oppenheimer pasaba la mitad del año:

> El asunto del U [uranio] es increíble. Nos enteramos de él en primer lugar por los periódicos, telegrafiamos pidiendo más información y hemos recibido muchos informes desde entonces. Ya sabes que comenzó con el hallazgo de Hahn de que lo que había tomado por Ra [radio] en una de las actividades del U,

resultó ser Ba [bario] […]. Muchos puntos están todavía oscuros […], ¿de cuántas maneras se rompe el U? ¿Aleatoriamente, como se podría esperar, o solamente de ciertas maneras? Y lo más importante de todo, ¿se emiten muchos neutrones de la ruptura o de las piezas resultantes?

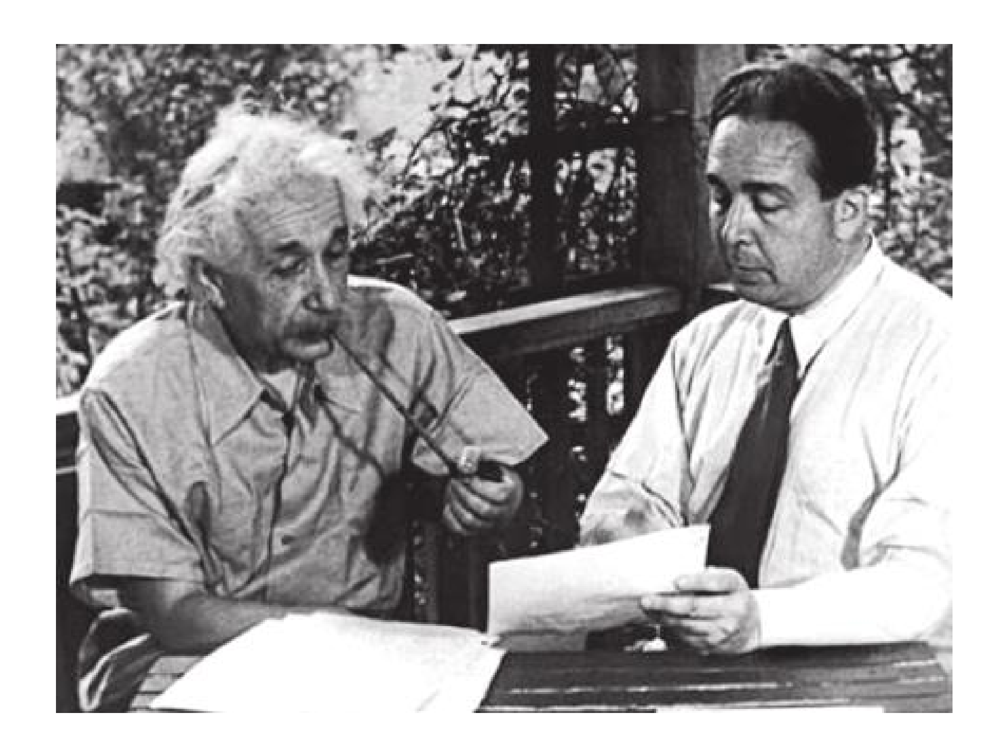
Este último punto era esencial, ya que, si en la fisión del uranio se producía más de un neutrón, entonces cabía pensar que podría tener lugar una reacción en cadena (los neutrones liberados podían colisionar con otros núcleos de uranio, liberando en cada caso energía y neutrones, y así sucesivamente). Pronto se abordó la cuestión: en París, Frédéric Joliot-Curie obtuvo el valor medio de 3,5 neutrones para desencadenar semejante reacción, mientras que en la Universidad de Columbia Fermi contabilizaba 2 neutrones.

61
EL PROYECTO MANHATTAN*

Acabamos de ver cómo, a finales de 1938, se produjo el descubrimiento de la fisión del uranio, y también lo rápidamente que se difundió la noticia, gracias a una carta de Robert Oppenheimer (1904-1967) a William Fowler. En el umbral de la Segunda Guerra Mundial, no pasó desapercibido a los físicos que si en cada fisión de un átomo de uranio 235, desencadenada por la incidencia de neutrones, se emitía más de un neutrón —y, como acabo de señalar, pronto se comprobó que así sucedía—, entonces tal vez sería posible utilizar este fenómeno físico para producir bombas de poder extraordinario. La conciencia del peligro que suponía que la Alemania de Hitler produjera tales bombas atómicas impulsó a Leó Szilárd (1898-1964) y Edward Teller (1908-2003), dos físicos de origen húngaro instalados en Estados Unidos, a convencer a Albert Einstein (estaba en el Institute for Advanced Study de Princeton desde 1933) para que escribiese directamente al presidente Roosevelt, un escrito cuyo contenido ellos mismos analizaron con el creador de la teoría de la relatividad. La famosa misiva fue escrita el 2 de agosto de 1939:

> Señor:
>
> Trabajos recientes de E. Fermi y L. Szilárd, que me han sido comunicados en manuscrito, me hacen esperar que el elemento uranio pueda convertirse en una nueva e importante fuente de energía en el futuro inmediato. Ciertos aspectos de la situación que se ha producido exigen que se la vigile cuidadosamente y, si es necesario, que la Administración actúe rápidamente. Creo, por consiguiente, que es mi deber llamar su atención sobre los

siguientes hechos y recomendaciones:



Albert Einstein y Leo Szilard preparando la carta de Einstein al presidente Roosevelt (1939).
© *World History Archive/Alamy*

En el curso de los últimos cuatro meses se ha hecho probable —a través del trabajo de Joliot en Francia, al igual que de Fermi y Szilárd en América— que pueda ser posible establecer una reacción nuclear en cadena en una gran masa de uranio, mediante la cual se generarían vastas cantidades de energía y grandes cantidades de nuevos elementos del estilo del radio. Parece ahora casi seguro que esto podría conseguirse en un futuro inmediato.

Este nuevo fenómeno conduciría también a la construcción de bombas y es concebible —aunque mucho menos seguro— que de esta manera se puedan construir bombas de un nuevo tipo extremadamente poderosas. Una sola bomba de este tipo, transportada por barco y hecha explotar en un puerto, podría muy bien destruir todo el puerto, junto a parte del territorio que lo rodease. Sin embargo, tales bombas podrían ser demasiado pesadas como para que se las pudiese transportar por aire.

Estados Unidos solamente tiene yacimientos muy pobres de

uranio en cantidades moderadas. Existe algún buen yacimiento en Canadá y en la antigua Checoslovaquia, mientras que la fuente de uranio más importante se encuentra en el Congo Belga.

En vista de esta situación, acaso pueda usted considerar aconsejable que exista algún contacto permanente entre la Administración y el grupo de físicos que trabajan en reacciones en cadena en Estados Unidos. Una forma posible de lograr esto sería que confiase esta tarea a una persona de su confianza y que acaso pudiera servir de manera no oficial. Su misión podría consistir en lo siguiente:

a) estar en relación con los departamentos gubernamentales, mantenerles informados de los desarrollos que se produzcan y presentar recomendaciones para acciones del Gobierno, prestando atención particular al problema de asegurar el suministro de uranio para Estados Unidos;
b) acelerar el trabajo experimental que se está desarrollando actualmente dentro de los límites de los presupuestos de los laboratorios universitarios, proporcionando fondos, en el caso de que fuesen necesarios, a través de sus contactos con personas que deseen hacer contribuciones a esta causa, y acaso también obteniendo la cooperación de laboratorios industriales que dispongan de los equipos necesarios.

Entiendo que Alemania ha detenido en la actualidad la venta del uranio de las minas checoslovacas de las que ha tomado control. El que haya adoptado esta acción tan pronto puede acaso ser entendida con base en que el hijo del subsecretario de Estado alemán, Von Weizsacker, está asociado al Instituto Káiser Guillermo de Berlín, donde se están repitiendo algunos de los trabajos americanos sobre el uranio.

A la carta de Einstein la acompañó otra de Szilárd a Alexander Sachs, consejero de la Lehman Corporation, que fue quien recomendó a Szilárd que Einstein escribiese al presidente y que él se encargaría de hacérsela llegar; estaba fechada el 15 de agosto y se adjuntaba un memorándum de cuatro páginas dirigido al presidente, también de Szilárd y con la

misma fecha.

Sachs sólo pudo hacer llegar a Roosevelt la carta de Einstein en octubre, y el 19 de ese mes Roosevelt respondía a Einstein:

> Mi querido profesor:
>
> Quiero darle las gracias por su reciente carta y el muy importante e interesante adjunto.
>
> He encontrado estos datos de tal importancia que he convocado un comité, formado por el director del National Bureau of Standards y un representante elegido por el Ejército y la Marina, para investigar a fondo las posibilidades de su sugerencia con respecto al elemento uranio.
>
> Me alegra decir que el doctor Sachs cooperará y trabajará con este comité y creo que es éste el método más eficiente y práctico para tratar el tema.
>
> Le ruego acepte mis más sinceras gracias.
>
> Muy sinceramente suyo,
>
> FRANKLIN D. ROOSEVELT

El comité en cuestión, establecido para coordinar la investigación cuyo fin era separar los isótopos de uranio y considerar una posible reacción en cadena sostenida, estaba encabezado por el director del National Bureau of Standards, Lyman J. Briggs. También formaban parte de él Szilárd, Teller y Eugene Wigner, otro húngaro instalado en Estados Unidos (había participado en la idea de la carta de Einstein a Roosevelt), junto con representantes del Ejército de Tierra y de la Marina, y Richard Roberts, de la Carnegie Institution. El 1 de noviembre, el comité informaba al presidente de que la reacción en cadena era una posibilidad, pero que no estaba demostrada, y que, pese a las incertidumbres que existían, el Gobierno debería apoyar una investigación detallada; para ello debería adquirir inmediatamente 4 toneladas de grafito puro (uno de los posibles moderadores, esto

es, la sustancia que controla la proliferación de neutrones), así como 50 toneladas de óxido de uranio, para el caso de que las investigaciones preliminares justificasen continuar con el proyecto. El presidente se dio por enterado, pero no sucedió nada… hasta el 7 de diciembre de 1941, cuando Japón atacó Pearl Harbour y Estados Unidos entró en la guerra.

En cualquier caso, independientemente de la reacción oficial, la excitación de los científicos estadounidenses fue creciendo según pasaban los días. Buena muestra de ello es la carta que John von Neumann, quien desempeñaría un destacado papel en la utilización de la ciencia para la guerra en la contienda que se avecinaba, escribía el 23 de marzo de 1940 a Frank Aydelotte, entonces director del Institute for Advanced Study de Princeton (del que era miembro Von Neumann):

> El físico holandés P. Debye, que ha sido director del Instituto de Física de la Asociación Káiser Guillermo en Berlín (Instituto apoyado por la Fundación Rockefeller), ha sido enviado al extranjero por las autoridades alemanas para permitir así que el Instituto realice trabajos secretos para la guerra. Cuando nos reunimos a cenar el otro día, no ocultó el hecho de que su trabajo es esencialmente estudiar la fisión del uranio. Éste es un proceso nuclear explosivo que teóricamente puede generar diez mil o dos millones de veces más energía que el mismo peso de cualquier combustible o explosivo conocido. Existen depósitos considerables de uranio cerca de Joachimsthal, Bohemia, al igual que en Canadá. Está claro que las autoridades nazis esperan producir bien un terrible explosivo, o una fuente de energía muy compacta y eficiente. Deduzco de los comentarios de Debye que han reunido en su Instituto a los mejores físicos teóricos y nucleares alemanes, incluyendo a Heisenberg, para esta investigación, a pesar del hecho de que la física teórica y nuclear, en general, y Heisenberg, en particular, estén bajo sospecha, al ser considerada la física nuclear «física judía» y Heisenberg un «judío blanco».
>
> Existen diferencias de opinión entre los físicos teóricos sobre la

> probabilidad de alcanzar resultados prácticos en una fecha próxima. Sin embargo, éste es un estadio bien conocido en la prehistoria de cualquier gran invento. La tremenda importancia de la utilización de la energía atómica, incluso si sólo tiene éxito en parte, sugiere que el asunto no se deje en las manos de los gánsteres europeos, especialmente en la presente coyuntura de la historia mundial.
>
> Desde hace algún tiempo se están realizando trabajos, del tipo que se supone están llevando a cabo los físicos alemanes, en la Universidad de Columbia, bajo la dirección del profesor Fermi y del doctor Szilárd, pero a un ritmo lento, debido a que el coste de los experimentos excede el presupuesto normal de un departamento. Se ha intentado, con un éxito relativo, recabar la ayuda del Gobierno de Estados Unidos, pero este proceso es lento y complicado y han aparecido serios obstáculos. Nos parece, por consiguiente, que se podría llevar el problema a la atención de la Fundación Rockefeller, que estaría en situación de actuar de una manera simple y directa. No vamos a sugerir una forma concreta de atacar el problema, pero suponemos que, si los responsables de la Fundación estuviesen interesados, consultarían con los físicos que están familiarizados con las cuestiones prácticas implicadas.
>
> He citado al profesor Debye libremente al escribirle, pero obviamente deberíamos ser muy cautos al utilizar más su nombre. En cualquier caso, su único papel ha sido inintencionadamente animarnos a sacar a la luz una cuestión que hemos tenido en mente desde hace varios meses, sin saber qué hacer, si es que hacíamos algo.

En efecto, Debye estaba entonces dando unas conferencias en Estados Unidos, pero se quedó definitivamente allí, en la Universidad de Cornell.

Como ya señalé, la investigación sobre la fisión del uranio y su posible utilización militar se aceleró una vez que Estados Unidos entró en la guerra. Y un destacado ingeniero, Vannevar Bush (1890-1974), comenzó a desempeñar un papel importante en la política científica estadounidense.



Vannevar Bush.

Bush era bien conocido por sus contribuciones a la matemática aplicada y a la ingeniería eléctrica. Durante la Primera Guerra Mundial había trabajado en la detección de submarinos; en 1939 había dimitido de la vicepresidencia del Massachusetts Institute of Technology (MIT) para convertirse en presidente de la Carnegie Institution de Washington. Pronto pasó de ser un mero miembro del National Advisory Committee for Aeronautics (Comité Asesor Nacional para la Aeronáutica, NACA) a dirigirlo, y, al ver los efectos de la guerra en Europa, elaboró planes para un comité que se ocupara de coordinar los esfuerzos nacionales en investigación científica aplicada a la guerra. A principios de junio de 1940, cuando las divisiones alemanas se adentraban en

Francia, Bush persuadió a Roosevelt para que le pusiera al frente del National Defense Research Committee (Comité de Investigación para la Defensa Nacional, NDRC), que fue creado oficialmente el 27 de junio, diez días después de la caída de Francia. Entre sus fines figuraba el de buscar nuevas formas de aplicar la ciencia a las necesidades de la guerra, pudiendo solicitar la ayuda de la National Academy of Sciences, del National Bureau of Standards y de otros laboratorios federales. Sin embargo, el 28 de junio de 1941 Roosevelt fundaba una nueva agencia, la Office of Scientific Research and Development (Oficina de Investigación y Desarrollo Científico, OSRD), a la que se dio autoridad sobre todos los trabajos científicos de defensa (el Comité del Uranio pasó a depender de ella).[22] La creación de esta nueva agencia significaba que el NDRC veía recortadas sus competencias, puesto que pasaba a depender de aquélla, pero no ocurría lo mismo con el poder de Bush, que pasó a dirigir la oficina (James B. Conant, el químico presidente de Harvard, fue nombrado director del NDRC).

Cumpliendo con la obligación de informar al presidente, el 9 de marzo de 1942 Bush dirigía la siguiente carta a Roosevelt:

> Querido Sr. presidente:
>
> El 9 de octubre de 1941, el Sr. Wallace y yo le presentamos la situación de la investigación en este país y en Gran Bretaña sobre un posible y poderoso explosivo.
>
> De acuerdo con sus instrucciones, desde entonces he acelerado este trabajo de todas las maneras posibles. Le adjunto ahora un breve informe sumario sobre el estado del tema.
>
> Consideraciones de política general y de relaciones internacionales se han limitado por ahora a un grupo formado por el Sr. Wallace, el secretario Stimson, el general Marshall, el Dr. Conant y yo mismo. El Sr. Wallace convocó una conferencia para

este grupo, a la que también invitó al Sr. Harold D. Smith, en tanto que la cuestión de los fondos iba a ser allí considerada.

Los aspectos técnicos están en manos de un grupo de notables físicos, químicos e ingenieros, como se observa en el informe. La correspondiente organización británica también se indica. El trabajo está en marcha y a plena velocidad.

Desarrollos recientes indican, brevemente, que el tema es más importante de lo que yo creía cuando le hablé sobre ello la última vez. El material aparentemente va a ser más poderoso de lo que por entonces pensábamos, la cantidad necesaria parece ser menor, las posibilidades de la producción actual parecen más ciertas. El camino para la realización completa es aún extremadamente dificultoso, y el tiempo previsto para ello permanece inalterado. Podríamos vernos involucrados en una competición para su realización; pero, de ser así, no tengo indicios sobre la situación del programa enemigo, y no he tomado medidas definitivas para averiguarlo.

El tema se está aproximando con rapidez al nivel de instalación piloto. Creo que para el verano próximo se habrán podido seleccionar los métodos más prometedores y se podrá comenzar con las plantas de producción. En ese momento considero que el tema debería ser traspasado al Departamento de Guerra.

Usted me ha devuelto los informes anteriores a fin de que yo pueda guardarlos sujetos a su reclamación. Estaría encantado de guardar también este informe si usted así lo desea.

Respetuosamente suyo,

V. BUSH

En los trabajos a los que Bush aludía en su carta al presidente estaban participando científicos tan destacados como los físicos Arthur C. Compton y Ernest O. Lawrence, y el químico, descubridor del deuterio (un isótopo estable del hidrógeno), Harold C. Urey. Compton estaba encargado de dirigir los estudios físicos básicos de la reacción en cadena, además de estar autorizado a explorar la posibilidad de producir plutonio en cantidades útiles utilizando reacciones en cadena controladas. Lawrence empleaba sus aceleradores de partículas (ciclotrones) de Berkeley para estudiar el comportamiento del

plutonio, así como métodos de separación de los isótopos 238 y 235 (fisionable) del uranio; a esta última tarea también se dedicaba Urey, empleando métodos de difusión y de centrifugación, al igual que a la producción de agua pesada. En enero de 1942, Compton había organizado las investigaciones en curso en la Universidad de Chicago bajo el nombre (destinado a confundir, obviamente) de «Laboratorio Metalúrgico» y contrató más personal. También supervisó los trabajos de otros laboratorios, como la pila de grafito y neutrones lentos de Fermi en la Universidad de Columbia, Nueva York, que más tarde se trasladó a Chicago (donde se concentraron estos trabajos), y las investigaciones de reacciones con neutrones rápidos para su posible aplicación a explosivos que se estaban llevando a cabo en varios lugares bajo la dirección de Gregory Breit. La primera reacción en cadena controlada y autosuficiente (producía bastante energía como para mantenerse en funcionamiento) de la historia la logró el equipo dirigido por Fermi. Tuvo lugar el 2 de diciembre de 1942 en la denominada «Chicago Pile One» (Pila Uno de Chicago), cuya construcción se había iniciado el 16 de noviembre. Se la dejó funcionar cuatro minutos y medio.

Continuando con este proceso cada vez más acelerado de reorganización, el 18 de junio de 1942 el coronel James C. Marshall, del Cuerpo de Ingenieros, recibió órdenes de formar una nueva dependencia en su Cuerpo destinada a proseguir un trabajo especial (la fabricación de bombas atómicas). La dependencia, que fue creada oficialmente el 13 de agosto, fue denominada «Manhattan Engineer District» (Distrito de Ingeniería de Manhattan), ya que Marshall había

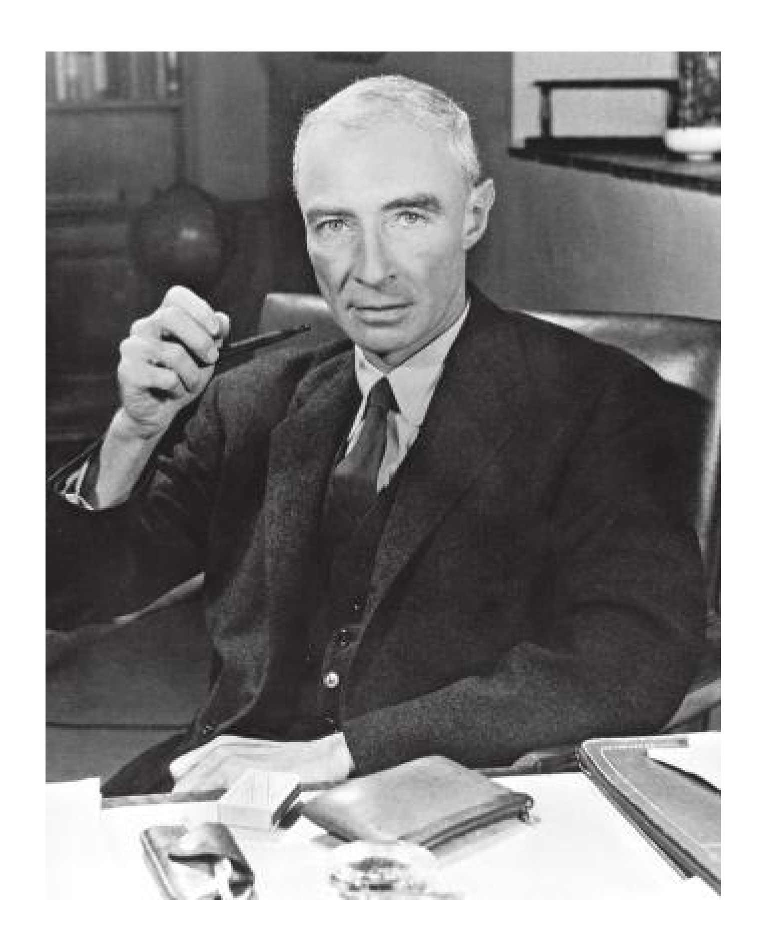
instalado su cuartel general en Nueva York, en Manhattan. Por razones de seguridad, el trabajo del que se ocupaba se denominó «Proyecto DSM» (las siglas de Development of Substitute Materials [Desarrollo de Materiales Sustitutivos]). Se trataba, por supuesto, de lo que se conocería como «Proyecto Manhattan», a cuyo frente se puso, el 17 de septiembre, a un oficial sumamente capacitado del Cuerpo de Ingenieros, el coronel (más tarde general) Leslie R. Groves (1896-1970); su nombre quedaría unido para siempre al proyecto atómico norteamericano.

Formaban parte del Proyecto Manhattan las siguientes instalaciones: el mencionado Laboratorio Metalúrgico de Chicago; el Radiation Laboratory de Ernest Lawrence en Berkeley; una planta para producir uranio 235 situada en Oak Ridge, Tennessee, y conocida como Clinton Engineering Works, que comenzó a operar el 4 de noviembre de 1943; para producir plutonio en gran escala se estableció otra planta sobre el río Columbia, en Hanford (parte central del estado de Washington), conocida como Hanford Engineer Works, de forma análoga al caso de Clinton; por último, estaba el Laboratorio de Los Álamos, donde se abordó el problema de utilizar todos los materiales, dispositivos y conocimientos obtenidos en los centros anteriores para fabricar realmente la bomba atómica, la meta final de aquellos trabajos preliminares.

Como preparación para establecer el centro de Los Álamos, en el verano de 1942 Robert Oppenheimer organizó un encuentro en Berkeley para explorar los aspectos teóricos de las explosiones nucleares. Entre los participantes se encontraban Hans

Bethe, John van Vleck, Edward Teller, Robert Serber y Felix Bloch. En noviembre de 1942 se eligió un lugar para instalar en él el laboratorio de la bomba atómica propiamente dicho: Los Álamos, en Nuevo México, a unos 48 kilómetros de Santa Fe. La mayor ventaja de este lugar, al que sólo se podía llegar a través de un tortuoso camino, era el disponer de una extensión de territorio considerable para posibles pruebas. Oppenheimer fue desde el comienzo el director del laboratorio, que se adjudicó a la Universidad de California. Oppenheimer llegó a Los Álamos en marzo de 1943 y a continuación aparecieron grupos, personas y aparatos de numerosas universidades, que formaron el conjunto de científicos colaboradores más impresionante de toda la historia de la ciencia anterior. Entre los que estaban o pasaban por Los Álamos se encontraban John von Neumann, Niels Bohr, Richard Feynman, Bethe, Fermi, Teller, Emilio Segrè, Victor Weisskopf, Luis Alvarez, Edwin McMillan, I. I. Rabi, Richard Tolman, Lawrence, Compton, Edward Condon, Norman Ramsey o Stanislaw Ulam. Ahora bien, como los científicos también son humanos y tienen sus intereses y necesidades, entre los que figuraban los puramente personales (las familias de los científicos casados irían a vivir con ellos), fue necesario ocuparse asimismo de cuestiones «no científicas». La carta que Oppenheimer escribió el 28 de diciembre de 1942 al físico de origen alemán Hans Bethe (1906-2005) y a su esposa, Rose, también alemana, da idea de este aspecto del establecimiento de Los Álamos. Bethe era un distinguido físico nuclear y futuro Premio Nobel de Física de 1967 por sus contribuciones a la teoría de las reacciones nucleares en 1938 y, en particular, por sus

descubrimientos sobre la producción de energía en el interior de las estrellas (nucleosíntesis estelar). Debido a su origen judío, tuvo que emigrar primero a Inglaterra en 1933 y después a Estados Unidos en 1935, tras pasar por las universidades de Mánchester y Bristol hasta llegar a la Universidad de Cornell; se nacionalizó ciudadano estadounidense en 1941:



Robert Oppenheimer.
© *Bridgeman Images/RDA/Album*

Queridos Hans y Rose:

Gracias por vuestras delicadas cartas y documentos. Me gustaría responder a tantas preguntas como pueda de las que habéis suscitado, a fin de que estéis informados sobre la presente situación de los asuntos. Algunos puntos no se han solucionado

todavía, y uno o dos más ni tan siquiera se han planteado. Guardaré vuestros listados como recordatorio de lo que tenemos que hacer.

Primero, los puntos de vuestra carta:

1. Estamos intentando ahora poner el laboratorio, a diferencia de la ciudad, sobre la base de un contrato OSRD con un agente contratante falso, digamos Cal Tech o Harvard. Esto nos proporcionaría la flexibilidad en el salario y en el aprovisionamiento que tanto deseamos. Se me ha asegurado, sin embargo, que el procedimiento de aprovisionamiento del ejército ha sido recientemente alterado de manera radical. Ya no es necesario conseguir las tres ofertas; los aprovisionamientos pueden ser realizados ahora por nuestro agente de Pasadena sin autorización alguna y sobre la única base de que obtengamos lo que necesitamos lo más rápidamente posible. Nuestro plan es pagar a los civiles 12/10 de su salario universitario y para los hombres más jóvenes pagarles según la escala de salarios del MIT. Todavía no está claro qué vamos a hacer con la subsistencia. Podríamos pagarla y cargar por el alquiler, las instalaciones, escuelas, hospitales, *etc.* Por otro lado, podríamos no pagar la subsistencia y proporcionar el alojamiento, las instalaciones y los servicios normales de la ciudad sin cargo. Me parece que cualquiera de estos dos esquemas sería satisfactorio. En gran parte es una cuestión de si queremos mantener alguna forma de control sobre los servicios (cuánta electricidad y combustible se usa, por ejemplo) lo que determinará el procedimiento que seguiremos. […]

Ahora a las preguntas de Rose. Existirá una especie de gerente de la ciudad que será distinto del coronel Harmon. Harmon está intentando encontrar a un hombre para este trabajo y hay un hombre en Nuevo México, un civil, a quien podríamos conseguir si él no tiene éxito. Habrá también un ingeniero municipal y juntos se encargarán de los problemas esbozados por ti. Esperamos persuadir a uno de los maestros de la escuela para que se quede y sea nuestro maestro profesional. Es cierto que tanto Kay Manley como Elsie McMillan [esposas de científicos que iban a formar parte del Laboratorio de Los Álamos] son maestras profesionales de escuela y sin duda habrá otras, pero me parece poco probable que cualquiera con un niño muy pequeño sea capaz de dedicar mucho tiempo a la comunidad. Habrá dos hospitales, uno en la ciudad y otro en el campo. El de la ciudad será dirigido por nuestra doctora o doctores y a ella se le pagará regularmente un salario de forma que sea independiente de nuestras cuotas. Creo que tendremos un grupo de planificación

sanitaria de algún tipo, pero éste es uno de los problemas que está ligado a cómo manejaremos la subsistencia.

Se dejará espacio para un lavadero; cada casa tendrá su tina de lavar; y podremos enviar regularmente a Santa Fe la ropa sucia. Podría ser necesario proporcionar el material al grupo de lavandería, puesto que esto está ahora congelado, pero este punto no se ha decidido todavía.

Planeamos tener dos comedores. Habrá un rancho regular para la gente soltera que será, cuando nosotros estemos funcionando a plena capacidad, lo suficientemente grande como para hacerse cargo de éstos. El Ejército se hará cargo de la ayuda que se necesite y no sé si el personal será del Ejército o civiles. También organizaremos un café en donde la gente casada pueda comer fuera de casa. Éste probablemente podrá tener hasta veinte personas a la vez y será un poco caprichoso, y puede que sea sólo mediante reserva. Estamos intentando convencer a uno de los nativos para que lo lleve y tenemos un buen edificio para esto.

Habrá un oficial de recreo cuyo negocio será cuidar de cosas como las bibliotecas, paquetes de viaje, películas y similares, y sin duda alguna agradecerá la ayuda de todos los que estén dispuestos a prestarla. Los apartamentos de soltero estarán gobernados por el Ejército y dispondrán de todos los servicios. La tienda será una de esas denominadas de Intercambio Postal, que es una mezcla de tienda del condado y casa de solicitud por correo, es decir, tendrá provisiones a mano y el Intercambio podrá pedir para nosotros lo que ellos no tengan. Habrá un veterinario que inspeccionará la carne, y barberos y similares. También habrá una cantina donde podremos tener cerveza y colas y comidas ligeras.

Y también estaban cuestiones propiamente científicas, como las que señalaba Oppenheimer en una carta que escribió desde Berkeley a su colega en la universidad John Manley, el 6 de noviembre de 1942:

Querido John:

Aún tengo que agradecerte tu buena carta y la copia de los planos. Ed [McMillan] y yo no hemos cambiado éstos y se utilizarán como base para los verdaderos dibujos tan pronto como el problema del terreno quede resuelto.

[H. C.] Dudley y [Leslie] Groves estuvieron aquí y el problema

del sitio avanza bien hacia su resolución. Es un lugar encantador y satisfactorio en todos los aspectos, y los únicos puntos que tienen ahora que solucionarse son si los aspectos legales y humanos de las evacuaciones necesarias presentan dificultades insuperables. Ed y yo planeamos ir allí y echar un vistazo la semana próxima, y probablemente pasemos algunos días allí resolviendo algunas de las cuestiones importantes. Sé que tú estarás muy contento con el lugar, si realmente podemos tenerlo.

He escrito a [James B.] Conant pidiéndole la transferencia inmediata a nuestro trabajo de Herb [Herbert F. York], [Robert F.] Bacher y [Franz N. D.] Kurie. Pensamos que con este grupo, junto contigo, Ed y yo mismo, realmente podríamos comenzar. No tengo ni idea del éxito que pueda tener Conant, o si los propios hombres querrán colaborar, pero pienso que Conant tendrá una actitud muy comprensiva con nuestros problemas personales y que podemos encontrar menos dificultades en todo esto de lo que habíamos anticipado. Por cierto, el cable de Conant fue eficaz y Ed está con nosotros.

Existen algunos desarrollos locales. El más agradable es que la calibración directa de [Emilio Gino] Segrè y [Joseph W.] Kennedy ha aumentado sus secciones eficaces en alrededor de un 40 %. Esto se corresponde con un valor para la relación hidrógenomanganeso de 36 y al revisar la literatura no hemos encontrado ni pizca de apoyo para el 26 que me dio [Herbert] Anderson. Sus secciones eficaces están ahora en un acuerdo razonable con [Norman Paulson] Heydenburg y con los resultados que [Joseph Laws] McKibben ha estado enviando.

El segundo desarrollo es éste. Ed y yo fuimos a Stanford, donde están empezando a detectar los neutrones de fisión. Ed hizo la muy útil sugerencia de reducir los efectos de los neutrones rápidos mediante una cámara controladora de neutrones rápidos, colocada sobre la rejilla del primer tubo con la amplificación negativa adecuada. Esto acortará mucho el tiempo de espera. Segrè y Kennedy también fueron, y les están ayudando a construir una cámara de fisión enriquecida con la que puedan medir directamente la densidad de los neutrones rápidos. Esto tiene la ventaja no sólo de reproducir su espectro absoluto, sino que también arrojará la muy necesitada luz sobre si la cámara de hidrógeno está funcionando realmente como debería.

Por lo que respecta a Minneapolis, el problema se ha vuelto difícil porque todavía no estamos seguros de con qué prontitud sería apropiado trasladar a la gente al nuevo laboratorio. Pero existe un punto que valdría la pena que ellos averiguasen, si pudiesen hacerlo en un tiempo razonable: conseguir una idea de

la distribución angular de la dispersión n-D de energías más altas. Si recuerdas nuestro programa, estaríamos interesados principalmente en energías de 5 MeV y superiores, y pensé que pasaría tiempo antes de que los resultados de Minnesota estuviesen disponibles. El trabajo de la distribución angular no hace falta que sea muy preciso.

Tenemos las curvas para la dispersión n-p y están siendo reproducidas ahora. Estarán acompañadas de un corto artículo explicativo sobre incertidumbres y aproximaciones. Realmente, estas curvas son casi la cosa más segura que tenemos sobre el trabajo. Te enviaré algunas copias de estas curvas y te dejo a ti que averigües si se necesitan más autorizaciones antes de circularlas por los laboratorios que atañen.

[Martin] Kamen ha decidido que sería mejor obtener nuestro He3 dedicando el ciclotrón a bombardear D-D durante unos cuantos días, y esto es lo que se está haciendo ahora. Tendremos tiempo de incrementar la cantidad que se necesita antes de que la gente de Purdue esté lista.

Tuve que volver a remitir la petición de [Francis] Simon a Bush, puesto que no estaba dispuesto a que yo invitase a [Rudolf] Peierls. Espero que todo salga bien, pero estoy bastante preocupado.

No voy a enviar una copia de esta carta a Compton, porque parte de lo que hay en ella no le concierne inmediatamente, pero estaría encantado si tú le comentas algo sobre los desarrollos en física que pienses que a él le gustaría saber. No le digas nada sobre nuestro laboratorio. Dejaremos que esto lo hagan otros.

Aún no sé cuándo volveré al Este, pero ciertamente no será después del 1 de diciembre, y podría ser mucho antes.

Tuyo,

[ROBERT OPPENHEIMER]

Una carta que el presidente Roosevelt envió a Groves el 29 de junio de 1943 da fe de la importancia que daba al Proyecto Manhattan:

Mi querido general Groves:

Recientemente he revisado con el Dr. Bush el programa de investigación, desarrollo y manufactura altamente importante y secreto con el que usted está familiarizado. Me gustó mucho conocer el excelente trabajo que se está realizando en cierto

número de lugares de este país bajo su supervisión inmediata y la dirección general del Comité, del que el Dr. Bush es el presidente. La solución exitosa del problema es de extrema importancia para la seguridad nacional, y estoy seguro de que el trabajo se completará en el menor tiempo posible como resultado de la cooperación incondicional de todos los concernidos.

Le escribo a usted como la persona a cargo de los aspectos de desarrollo y manufactura de este trabajo. Sé que existen diversos grupos de científicos trabajando bajo su dirección en varias fases del programa. El hecho de que el resultado de sus esfuerzos sea de tan enorme transcendencia para la nación exige que este proyecto sea protegido de manera más enérgica que cualquier otro desarrollo bélico altamente secreto. Por consiguiente, como sabe, he dado instrucciones para que se adopten todo tipo de precauciones para garantizar la seguridad de su proyecto. Estoy seguro de que los científicos son completamente conscientes de las razones por las que sus esfuerzos deben estar circunscritos por restricciones muy especiales. No obstante, quiero que usted les exprese mi profundo reconocimiento por su buena disposición para acometer las tareas que tienen ante ellos, a pesar de los posibles peligros y de los sacrificios personales que ello implica. En particular, le agradecería que comunicase el contenido de esta carta a los líderes de cada grupo importante. Estoy seguro de que podemos contar con el trabajo continuo, generoso e incondicional de todos los ahora comprometidos. Sea lo que sea que pueda estar planeando el enemigo, la Ciencia Americana igualará el desafío. Con este pensamiento en mente, envío esta nota de confianza y aprecio.

Muy sinceramente suyo,

FRANKLIN D. ROOSEVELT

Consciente de la importancia del proyecto que dirigía, el general Groves impuso severas normas para evitar filtraciones. Una de sus preocupaciones era la seguridad de Oppenheimer, dada su importancia para el Proyecto. La carta que le envío el 29 de julio de 1943 va en este sentido:

Querido Dr. Oppenheimer:

En vista de la naturaleza del trabajo al que está usted dedicado, del conocimiento que usted posee y de lo que éste depende de

usted para que tenga éxito, parece necesario pedirle que tome especiales precauciones con respecto a su seguridad personal.

Se le pide que:

a) Se abstenga de volar en aviones del tipo que sea; el tiempo que se ahorra no merece el riesgo. (Si alguna emergencia exige su uso, debería solicitar antes mi permiso.)
b) Absténgase de conducir un automóvil para una distancia apreciable (superior a unas pocas millas) y de permanecer sin una protección adecuada en una carretera solitaria, tal como la que lleva de Los Álamos a Santa Fe. En tales viajes debe ir acompañado por un competente, fuerte, guardia armado. No hay objeción a que el guardia sirva de conductor.
c) Sus coches deben ser conducidos con el debido respeto a la seguridad y para ello al conducir por el pueblo debe utilizar un guardia de algún tipo, particularmente durante las horas de oscuridad. El coste de tal guardia será a cargo de Estados Unidos.

Me doy cuenta de que estas precauciones pueden ser engorrosas personalmente y que le pueden parecer indebidamente restrictivas, pero le estoy pidiendo que las soporte hasta que nuestro trabajo se haya completado con éxito.

Provistos de los materiales e informaciones procedentes de los demás centros del Proyecto Manhattan, los científicos del Laboratorio de Los Álamos consiguieron superar todas las dificultades que fueron encontrando. Y así se llegó al 16 de julio de 1945, día en que se llevó a cabo la prueba denominada «Trinity» en las desiertas tierras del lugar conocido como Jornada del Muerto, cerca de Alamogordo, en Nuevo México. Se empleó una bomba de plutonio, para comprobar si funcionaba satisfactoriamente. La bomba de uranio era mucho más segura, y no se creyó necesario realizar un ensayo. Hiroshima fue la prueba.

Uno de los científicos que trabajaban en el

Laboratorio de Los Álamos fue Richard Feynman, que presenció la prueba «Trinity». Y describió lo que vio en una extensa carta a su madre, Lucille, el 9 de agosto de 1945:

> Querida mamá:
>
> Ahora estoy en Cincinnati, esperando la salida de un avión. Soy tonto. Todos debéis haberos reído mucho por el tipo despistado que piensa que su hermana va a la escuela en verano. Me di cuenta de mi error aproximadamente media hora después de enviar el telegrama a Joan.
>
> En los periódicos hay mucho espacio dedicado a la bomba, y por eso sé que puedo contarte algunas cosas. Recuerda, me fui el sábado por la noche en el avión. Llegué (a Albuquerque) el domingo casi al mediodía y allí me recogió un coche del Ejército y me llevó al lugar, donde llegamos a las tres en punto de la tarde. Fui directo a casa del jefe. Su mujer había preparado sándwiches, *etc.* Estaba previsto que todos saliéramos en autobuses a las cinco para ir al sur (así que tenía dos horas), a unos 160 kilómetros al sur de Albuquerque, porque íbamos a ser testigos de un ensayo de nuestra bomba. Estaba previsto a las cuatro de la madrugada del lunes, si el tiempo lo permitía. Había (ahora estoy en vuelo) tres autobuses cargados de científicos ansiosos. Hubo interesantes sucesos en el camino: primero, tres autobuses cargados de científicos ansiosos se detuvieron y esperaron a un lado de la carretera mientras un científico especialmente ansioso (no yo) se bajaba y se metía durante un rato entre los arbustos. Segundo, Albuquerque, la mayor ciudad de Nuevo México, sufrió una avalancha en todas las tiendas, cafés, etc., estaban llenas de tipos iguales cuando nos paramos para refrescarnos en el camino, lo que demuestra lo realmente pequeña que es Albuquerque. Finalmente llegamos a nuestro punto de observación en una cordillera que daba a una gran hondonada en el desierto, en cuyo centro, a 30 kilómetros, estaba nuestro chisme. Estaba montado en una torre de acero de 20 metros de altura, pero no podíamos verlo. Sabíamos dónde mirar por los focos, que apuntaban a él, y alternativamente a las nubes; el tiempo parecía malo.
>
> Se distribuyeron gafas oscuras (gafas de soldador). Miré mi linterna a través de ellas y apenas podía verla. Entonces todo el mundo se sentó a comer y esperar hasta las cuatro de la madrugada. Allí aprecié los esfuerzos de la mujer del jefe. Pollo

asado, limonada y chocolate.

Teníamos dos radios: una similar a una radio de policía para escuchar y hablar con una estación en tierra, y otra para oír los informes desde un avión que iba a sobrevolarnos, tomar fotografías, dejar caer instrumentos de medida y ver la sensación desde el aire. Cogí la radio del avión. Una de las dos radios no funcionaba, la mía. Sudé sangre con ella. Conseguí informes de uno de los hombres que sabían en qué frecuencia iba a transmitir el avión. Traté de sintonizarla, cambié la posición de la antena, movía cada interruptor, pero sin éxito. Mientras tanto, habíamos sabido que la cosa se iba a posponer por culpa del tiempo. Cuando me acercaba a la frecuencia correcta todo lo que captaba era una estación de onda corta de San Francisco que transmitía música, pero esto me permitió sintonizar lo mejor que pude (había literalmente diez diales y nadie sabía para qué servían, pero experimentando con San Francisco descubrí qué es lo que hacían). Finalmente sintonicé de la forma más precisa posible donde pensaba que estaría la cosa, pues todos estaban ansiosos por descubrir qué pasaba y no se estaban aprovechando del otro equipo, porque los tipos que había al otro extremo estaban demasiado ocupados para responder a nuestras preguntas. Me fui a la otra radio, confiando en pedirles que entraran en contacto con la otra estación para comprobar en qué frecuencia estaba transmitiendo el avión. Estaban demasiado ocupados, pero, cuando volví, uno de los expertos en electrónica, entre los científicos que había allí, estaba saltando felizmente delante del grupo y estaba diciendo «bien, vemos sus focos». Me sentí estúpido, supongo que estos chicos electrónicos saben cómo sintonizar radios. Le pregunté cómo lo hizo. Dijo que no lo había hecho: simplemente pasaba por ahí y salió la voz. Acababan de empezar a transmitir. Si yo no les había oído era porque no estaban diciendo nada.

A los pocos minutos de escucharles (alrededor de las cinco) les oí decir: «El disparo será a las cinco y media, ahora faltan treinta minutos». Todos pusieron en hora sus relojes y se amontonaron alrededor de la radio. «Faltan diez minutos»; luego «faltan tres minutos». La gente se dispersó por la colina para no estorbarse unos con otros. Se pusieron sus gafas oscuras. Algunos incluso se pusieron aceite bronceador. Una banda de locos optimistas, pensé. Yo había tratado de calcular qué potencia tendría la bomba. Sabía cuántas cosas tendrían que pasar para obtener un estallido realmente bueno y quería disfrutar de una experiencia plena si pasaba, así que iba a mirar directamente: nada de gafas oscuras para mí. Me puse detrás del cortavientos del vehículo

armado que llevaba la radio, para que la luz ultravioleta, si la había, no dañase mis ojos. Oí la voz de un hombre a mi derecha. «Debe ocurrir en quince segundos.» Aparté hacia atrás mis gafas, miré al foco. ¿Saldría todo bien?

Quedé cegado por un terrible destello plateado: tuve que apartar la vista. Dondequiera que mirara aparecía una enorme mancha púrpura; era igual de brillante cuando cerré los ojos. «Eso —decía mi cerebro científico a mi cerebro aturdido— es una posimagen provocada por mirar una luz amarilla brillante: no es la bomba lo que estás viendo.» Así que me volví para mirar la bomba. El cielo estaba iluminado con una luz amarilla brillante, la tierra parecía blanca. El amarillo se hizo poco a poco más oscuro, fue pasando poco a poco a naranja. En el cielo vi nubes blancas sobre el chisme, causadas por la expansión repentina que siguió a la onda de choque: la expansión enguye el aire y se forman nubes de niebla, es lo que esperábamos. Algo crea nubes. El naranja se hizo más fuerte, pero donde estaba el chisme todavía era brillante, una bola brillante en llamas de color naranja. Ésta empezó a ascender, dejando atrás una columna de humo que se parecía mucho al tallo de una seta. La masa naranja siguió ascendiendo, el naranja se desvanecía y parpadeaba. Era una gran bola de humo y llamas de *5 kilómetros de diámetro*, como un gran incendio petrolífero agitado y revuelto, ahora humo negro, ahora llama naranja. Pronto desapareció el naranja y sólo quedaba humo, pero éste estaba envuelto en un maravilloso brillo púrpura. Otra posimagen, pensé, pero al cerrar los ojos desapareció y apareció de nuevo al abrirlos. Otros decían que también lo veían, causado probablemente por el aire ionizado por el gran calor. Poco a poco desapareció, y la bola de humo fue ascendiendo lenta y majestuosamente hacia arriba, dejando una estela de polvo y humo tras ella.

Luego, repentinamente, hubo un fuerte chasquido seguido por un trueno. «¿Qué es eso?», gritó el hombre que estaba a mi izquierda, un representante del Departamento de Guerra. «Ésa es la cosa», le respondí a gritos. Él había olvidado que el sonido viaja mucho más lento que la luz, y lo que habíamos visto hasta ahora era una imagen silenciosa cuya huella sonora llegaba un minuto y cuarenta segundos más tarde. Supe entonces que la bomba fue un éxito; por grande que pareciera a 30 kilómetros, yo estaba aún más impresionado por el sonido del trueno reflejado en las colinas.

Nos pusimos de pie de un salto, gritamos, corríamos dándonos palmadas en la espalda unos a otros, chocando las manos, felicitando a los demás, conjeturando la energía liberada; había

funcionado como nadie se hubiera atrevido a esperar. Todo fue perfecto salvo el objetivo: la siguiente estaría dirigida hacia Japón, no Nuevo México. (*Continúa el camino de vuelta en el aeropuerto de Knoxville, esperando un avión para Cincinnati.*) Finalmente subimos a los autobuses y volvimos a casa. Preguntamos por el camino a uno de los conductores del autobús cuál había sido su impresión de la explosión: «Bueno, no lo sé, nunca tuve una oportunidad de ver una de estas cosas explotando».

Las fotografías y observaciones posteriores mostraron que un área de un kilómetro y medio de diámetro estaba cubierta por un tapiz verde y cristalino formado al fundirse la arena de la superficie. La arena es marrón, el tapiz es verde brillante. Es maravilloso ver desde el aire el área verde con el cráter en el centro, en el desierto marrón.

Bueno, cuando volvimos me divertí contándoselo a muchas personas. Los muchachos que trabajan para mí se reunieron en la sala, boquiabiertos mientras yo se lo contaba. Todos estaban orgullosos de lo que habían hecho. Quizá podamos acabar con la guerra pronto. Había demasiado que esperar. Volvimos a trabajar.

Habían salido algunas expediciones a las montañas que rodean Albuquerque y vieron el cielo tan brillantemente iluminado que por un momento temieron que hubiésemos calculado mal y se hubiesen achicharrado todos los experimentadores que estaban a menos de 10 kilómetros. Se vio en tres estados; a más de 300 kilómetros a la redonda. El jefe de la Base Aérea de Alamogordo tuvo que emitir un comunicado diciendo que un depósito de munición había estallado accidentalmente.

Hasta luego.

La carta de Feynman a su madre revela la alegría, el entusiasmo que él y todos aquéllos que lo rodeaban sentían por el éxito del trabajo al que habían estado dedicados. La alegría del científico por el trabajo bien hecho. Ninguna reflexión aparece sobre las posibles consecuencias que surgían con semejante arma. Y pronto se pasó de un ensayo como «Trinity» a una mortífera realidad.

El 6 de agosto, un bombardero B-29 estadounidense —el famoso Enola Gay— despegaba

de la isla de Tinian con una carga mortífera, que lanzó sobre Hiroshima a las ocho y cuarto de la mañana, hora local. Se trataba de «Little boy», una bomba atómica de uranio, de unos 4.500 kilogramos de peso y unas 13.000 toneladas de TNT de potencia. Su efecto fue terrible. Virtualmente todo en un radio de 500 metros de la explosión fue incinerado. Los edificios situados hasta 3 kilómetros de distancia, destruidos. Un espeso hongo de humo ascendió hasta 12 kilómetros de altura. A fines de ese año, el número de víctimas se estimaba en 145.000 personas. Tres días más tarde —el mismo día que Feynman escribía a su madre— le tocó el turno a una bomba de plutonio: «Fat man». Pesaba algo más que «Little boy», unos 5.000 kilogramos, pero tenía la misma potencia. Su objetivo fue Nagasaki. Las víctimas fueron alrededor de 70.000, menos que en Hiroshima debido a errores en el lanzamiento.

62
LA EXPLICACIÓN DE EINSTEIN*

En 1952, siete años después de las bombas de Hiroshima y Nagasaki, los japoneses pudieron contemplar fotografías de la devastación que éstas habían producido. Muchos se preguntaron entonces cuál fue la participación de Albert Einstein en su creación. Katusu Hara, editor de *Kaizo*, una revista generalista, escribió a Einstein el 15 de septiembre de aquel año con cuatro preguntas:

> 1. ¿Cuál es su reacción ante las fotografías que muestran el efecto destructivo de la bomba? 2. ¿Qué piensa de la bomba atómica como instrumento de destrucción humana? 3. La próxima guerra, que se está prediciendo, será una guerra atómica. ¿Significará esto la destrucción de la humanidad? 4. ¿Por qué cooperó usted en la producción de la bomba atómica pese a que conocía bien su tremendo poder destructivo?

Einstein respondió cinco días después:

> Mi participación en la producción de la bomba atómica consistió en un solo acto: firmé una carta al presidente Roosevelt, en la que hice hincapié en la necesidad de llevar a cabo experimentos a gran escala con relación a la posibilidad de producir una bomba atómica.
>
> Era perfectamente consciente del terrible peligro que significaría para la humanidad si los experimentos tuvieran éxito. Sin embargo, me vi obligado a dar aquel paso porque parecía probable que los alemanes estuvieran trabajando en el mismo problema, con todos los visos de éxito. No vi alternativa sino actuar como lo hice, *aunque siempre he sido un pacifista convencido*.
>
> Creo que matar a seres humanos en una guerra no es mejor que el asesinato común; pero mientras las naciones carezcan de la determinación para abolir la guerra mediante una acción conjunta, y hasta que encuentren medios de resolver sus disputas y salvaguardar sus intereses con arreglos pacíficos de acuerdo a las leyes existentes, continuarán considerando necesario

prepararse para la guerra. En sus miedos a quedarse atrás en la carrera de armamentos general, se sentirán obligadas a dedicarse a la fabricación de incluso las armas más detestables. Semejante enfoque sólo puede conducir a la guerra, y la guerra hoy significaría aniquilación universal de los seres humanos.

Tiene poco sentido, por consiguiente, oponerse a la fabricación de armas *específicas*; la única solución es abolir tanto la guerra como la amenaza de guerra. Ésta es la meta hacia la que todos deberíamos dirigirnos. Debemos estar decididos a rechazar todas las actividades que de alguna manera contradigan esta meta. Ésta es una dura exigencia para toda persona que sea consciente de su dependencia de la sociedad; pero no es una exigencia imposible.

Gandhi, el mayor genio político de nuestro tiempo, indicó el camino a seguir. Dio prueba de cuánto sacrificio puede ser capaz el hombre cuando ha descubierto el camino correcto. Su trabajo en favor de la liberación de la India es testimonio vivo del hecho de que, cuando es mantenida por una convicción indomable, la voluntad humana es más poderosa que fuerzas materiales que parecen insuperables.

Después de la guerra, Einstein se involucró bastante en la lucha por un mundo en el que el armamento atómico estuviera, cuando menos, controlado. En mayo de 1946 aceptó ser *chairman* (director-presidente) del recientemente creado Emergency Committee of Atomic Scientists (Comité de Emergencia de Científicos Atómicos). La iniciativa de este comité había partido de algunos científicos estadounidenses, conscientes de la responsabilidad que había asumido Estados Unidos con el lanzamiento de las bombas atómicas sobre Hiroshima y Nagasaki, y del peligro que la disponibilidad de armamento atómico significaba para la humanidad. La junta directiva, que Einstein presidía, estaba formaba por un grupo de importantes científicos: Harold Urey, que actuaba como vicedirector, Hans Bethe, Thorfin Hogness, Philip Morse, Linus Pauling, Leo Szilard y Victor Weisskopf.

63
LA BOMBA DE HIDRÓGENO Y LA COMUNIDAD CIENTÍFICA*

La posibilidad de disponer de bombas nucleares obligó a pensar en el futuro. Una manifestación en este sentido es la carta que Oppenheimer envió al secretario de Guerra el 17 de agosto de 1945, prácticamente sólo una semana después de Nagasaki:

> Querido Sr. secretario:
> El Comité Interino nos ha pedido que demos cuenta con cierto detalle del alcance y programa del trabajo futuro en el campo de la energía atómica. Una fase importante de este trabajo es el desarrollo de armas; y puesto que éste es el problema que ha dominado nuestras actividades en tiempo de guerra, es natural que en este campo nuestras ideas deban ser lo más definidas y claras, y que debamos estar lo más seguros posible respondiendo adecuadamente a las preguntas planteadas por el comité. Sin embargo, al examinar esas preguntas hemos llegado a ciertas conclusiones generales, cuyas implicaciones para la política nacional parecerían ser más profundas y más inmediatas que las de las recomendaciones técnicas detalladas que tenemos que presentar. Por lo tanto, pensamos que es apropiado presentárselas a usted ahora.

1. Estamos convencidos de que armas cuantitativa y cualitativamente mucho más eficaces de las que ahora están disponibles resultarán de trabajos posteriores sobre esos problemas. Esta convicción está motivada no sólo por analogía con desarrollos del pasado, sino por proyectos específicos para la mejora y multiplicación de las armas existentes, y por las perspectivas técnicas bastante favorables para la realización de una superbomba.
2. Hemos sido incapaces de idear o de proponer contramedidas militares eficaces para las armas atómicas. Aunque nos damos cuenta de que el trabajo futuro puede revelar posibilidades, en la actualidad oscuras para nosotros, es nuestra firme opinión que no se encontrarán contramedidas

militares que sean efectivas de manera adecuada para prevenir la liberación de las armas atómicas. El informe técnico detallado que está en preparación documentará estas conclusiones, pero a duras penas las alterará.

3. No sólo somos incapaces de esbozar un programa que asegurase a la nación durante las próximas décadas la hegemonía en el campo de las ramas atómicas, sino que somos asimismo incapaces de asegurar que semejante hegemonía, si se lograra, pudiese protegernos de la más terrible destrucción.
4. El desarrollo, en los años venideros, de armas atómicas más eficaces podría parecer que fuese un elemento de lo más natural en cualquier política nacional de mantenimiento de nuestras fuerzas militares con la mayor fortaleza; no obstante, tenemos grandes dudas de que este desarrollo posterior pueda contribuir de manera esencial o permanente a la prevención de una guerra. Creemos que la seguridad de estas naciones —en oposición a su habilidad para infligir daño a una potencia enemiga— no puede residir por completo, o incluso principalmente, en su destreza científica o técnica. Sólo se puede basar en hacer imposibles las guerras futuras. Es nuestra recomendación unánime y urgente para usted el que, a pesar de la presente explotación incompleta de las posibilidades técnicas de este campo, se tomen todos los pasos necesarios, se hagan todas las disposiciones internacionales, con este único fin.
5. Estaríamos muy contentos de que usted trasladase estos puntos de vista a la atención de otros miembros del Gobierno, o del pueblo americano, si usted desea hacerlo así.

Muy sinceramente,

J. R. OPPENHEIMER

En representación del Panel

No tardó demasiado en comprobarse que se podrían fabricar armas atómicas más eficaces.

La bomba de hidrógeno

En 1945, los físicos nucleares de la URSS ya tenían considerables conocimientos sobre la fisión del uranio

(algunos obtenidos gracias al espionaje de lo que se hacía en el Proyecto Manhattan); sin embargo, aún tardaron cuatro años en fabricar una bomba de fisión. Una de las razones que explican este retraso se encuentra en la diferente capacidad industrial de ambas naciones. A menudo los científicos soviéticos se encontraban solos frente a sus necesidades, sin poder pedir auxilio a una industria que tenía que servir a otros propósitos en los duros años de la posguerra, en los que, además, se intentaba consolidar un sistema de producción completamente diferente del occidental.

La explosión de la primera bomba atómica soviética en 1949 significó el comienzo real de la *carrera atómica*. En Estados Unidos, Ernest Lawrence y Edward Teller defendieron la idea de que había que contraatacar desarrollando una nueva arma que pudiese contrarrestar la de los soviéticos: fabricar una superbomba, mucho más poderosa que la de 1945. Se trataba de una bomba de hidrógeno, esto es, una bomba de fusión, que utilizase procesos similares a las reacciones termonucleares que tienen lugar en el interior de las estrellas, en las que partiendo de elementos ligeros se producen otros más pesados y emiten al mismo tiempo gran cantidad de energía. Aunque la idea de tal bomba se remontaba a los primeros tiempos del proyecto atómico, durante la guerra no se había avanzado en su desarrollo al no establecerse un programa adecuado.

Pero en 1949 la comunidad científica norteamericana no estaba tan unida como lo había estado cerca de diez años antes. Se produjo una clara división de puntos de vista. Oppenheimer se opuso a la superbomba, lo que a la postre terminaría llevando a que la Atomic Energy Commission (la organización

civil que pasó a asumir en enero de 1947 el control de los asuntos nucleares en Estados Unidos, al dejar de existir el Manhattan Engineer District) le declarase en 1953-1954 como una persona de riesgo para la seguridad, negándole el acceso a secretos atómicos. Por el contrario, Lawrence desarrolló una intensa campaña en favor de la nueva bomba, para lo cual visitó personalmente la Atomic Energy Commission (AEC), el Comité Conjunto de Energía Atómica, el Departamento de Defensa y hasta el Congreso. Por su parte, en 1950 Teller hizo un agresivo llamamiento a sus colegas con el título de «Back to the laboratories» («Vuelta a los laboratorios», *Bulletin of the Atomic Scientists*), en el que comparaba la situación internacional producida por la bomba nuclear soviética con la existente en 1939. Para el físico húngaro, la decisión de usar una bomba como la de hidrógeno era responsabilidad de los políticos, no de los científicos. En su opinión, el científico no era «responsable de las leyes naturales. Su trabajo es averiguar cómo operan esas leyes. El trabajo del científico consiste en encontrar de qué manera estas leyes pueden servir a la voluntad del hombre. En cambio, no es su tarea determinar si una bomba de hidrógeno debe construirse, ni cuándo o cómo debe usarse». En una clara alusión a las actividades en las que se ocupaban entonces otros físicos (como Pauli), Teller añadía que «nuestra comunidad científica ha estado en luna de miel con los mesones. Las vacaciones se han terminado. Las bombas de hidrógeno no se construyen por sí solas».

Por cierto, otro físico, el premio nobel Luis Alvarez, se hizo eco de las ideas de Teller; en junio de 1951 manifestó: «Cualquiera que dedique su tiempo a

trabajar sobre mesones es poco menos que un traidor».

Para entender mejor la situación reinante en aquel momento, además de las relaciones de Estados Unidos con la Unión Soviética, hay que tener en cuenta también que en 1949 los comunistas se hacían con el poder en China, bajo el liderazgo de Mao Tse-tung. Estos acontecimientos llevaron al Consejo de Seguridad Nacional estadounidense a defender la tesis de que Estados Unidos se enfrentaba a un período de máximo peligro y que para su seguridad debía procederse a un completo rearme, recomendando al presidente que se aprobase un presupuesto de entre 100 y 200 millones de dólares para la fabricación de la superbomba. El 31 de enero de 1950, Truman aprobaba la propuesta. Ese mismo día, el presidente hacía la siguiente declaración pública:

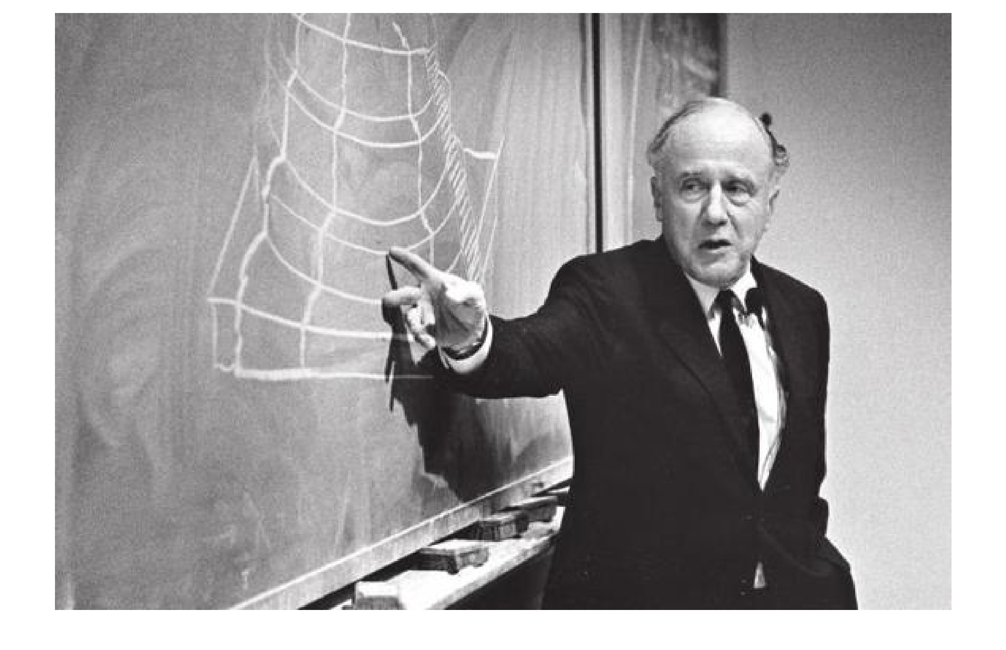
> Es parte de mi responsabilidad como comandante en jefe de las Fuerzas Armadas el asegurar que nuestra nación sea capaz de defenderse frente a cualquier posible agresión. En consecuencia, he dado instrucciones a la Comisión de Energía Atómica para que continúe sus trabajos en todas las formas de armas atómicas, incluyendo la denominada de hidrógeno o superbomba.

Dos años y nueve meses después, Estados Unidos hacía explotar una bomba (Mike) mil veces más potente que las de 1945. Tres años y pocas semanas después, los soviéticos hacían estallar «su Mike» en Asia central.

En 1951, fruto de la decisión de Truman de fabricar la superbomba, se establecieron en la Universidad de Princeton dos laboratorios dedicados a la fusión: uno se denominaba «Matterhorn B» (la B de «bomba») y estaba dirigido por John Archibal Wheeler (1911-2008), antiguo colaborador de Niels Bohr y

veterano del Proyecto Manhattan, que estaba convencido de la necesidad de disponer de superbombas; el otro era el «Matterhorn S» (la S de «Stellator», la «máquina de las estrellas», como se bautizó al instrumento desarrollado para estudiar los plasmas de fusión) y estaba dirigido por el astrofísico Lyman Spitzer, que estaba muy interesado en las reacciones termonucleares controladas, lo que no sorprende dada su especialidad. Wheeler tenía interés en las reacciones explosivas, pero necesitaba del conocimiento básico generado en el laboratorio de Spitzer; aquí se hicieron importantes avances en la teoría de la fusión controlada y en el diseño del «Stellator», aunque éste probó ser menos interesante que el correspondiente aparato desarrollado por los soviéticos: el «Tokamak».

Pero se necesitaban científicos para sacar adelante los trabajos y Wheeler pensó en Richard Feynman, quien había sido su doctorando y con quien había unido fuerzas en una investigación sobre la posibilidad de construir una electrodinámica no basada en campos (esto es, a la manera de Maxwell), sino en acciones a distancia, al creer que tal vez así podría llegarse a una electrodinámica cuántica libre de divergencias. El 29 de marzo de 1951, Wheeler escribía a Feynman:



John Archibald Wheeler.
© SPL History/Age Fotostock

Querido Dick:

Conozco tus planes de pasar el próximo año en Brasil. Espero que la situación mundial lo permita. Quizá no lo haga. Mi estimación personal es que hay al menos un 40 % de probabilidades de guerra para septiembre, y sin duda tú tendrás tu propia estimación de probabilidades. Quizá estés pensando lo que harás si la emergencia se agrava. ¿Considerarás la posibilidad de entrar en un programa completo de trabajo termonuclear en Princeton al menos desde septiembre de 1952?

Los Álamos ha pedido a Princeton que eche una mano en este asunto. Voy a ir allí a tiempo completo a finales de mayo para darle un empujón. Spitzer, [Karl] Schwarzschild, [Kenneth] Ford y [John] Toll van a dedicarle la mitad de su tiempo. Otros van a dedicar parte del tiempo. Spitzer, [Donald] Hamilton y yo estamos encargados del reclutamiento activo. La universidad ha dejado disponible un gran edificio separado. Los Álamos ha preparado un borrador de contrato. John von Neumann, [Louis] Goldstein y [Robert Davis] Richtmeyer estarán activamente implicados en el trabajo, especialmente en lo relativo al MANIAC [una de las primeras computadoras electrónicas] de Princeton. El trabajo de Princeton, lejos de representar una degradación del esfuerzo de Los Álamos, ha sido requerido para ayudar a que Los Álamos pueda hacer todavía más. No puedo discutir su viabilidad

en esta carta, ni varias ideas nuevas y excitantes que se han manejado por aquí las últimas semanas. Están en una línea bastante diferente de la que Bob Christy planea seguir. A Edward Teller y a mí nos gustaría describírtelas en persona para ver si no crees que es urgente para la defensa de este país que el más prometedor de estos esquemas sea desarrollado lo antes posible.

Las razones siguientes me hacen pensar que podrías considerar seriamente esta petición para que nos prestes tu ayuda.

(1) Incluso sin aprovechar la fuerza termonuclear, las bombas atómicas forman una parte importante del potencial bélico de este país. En el pico de producción durante la segunda guerra produjimos 4 kilotones al día de altos explosivos convencionales. En una medida tosca y muy arbitraria de la energía total liberada, este producto representa una quinta parte de una bomba atómica convencional al día, o en setecientos días, 140 de las antiguas bombas atómicas. En comparación, toma la conjetura de cualquier período sobre la producción de bombas atómicas. Entonces pregúntate si hay alguna justificación para la filosofía puritana de muchos físicos nucleares —«La física nuclear es interesante: por ello no debemos trabajar en ella en caso de guerra; es mejor olvidar la física y decir a los almirantes y generales cómo hacer esto-y-aquello táctico y estratégico»—. Evidentemente, hay mucho que hacer en ese sentido. Se puede lograr incluso un factor 2 de ganancia. Pero ¡qué asunto tiene a los mejores físicos del país luchando tontamente por un factor 2 cuando están en juego factores de 5 o de 20! Si lo hacen, ¡el país podría pensar que habría que dar el desarrollo de las armas atómicas a los generales!

(2) La tarea de Princeton es ser la fábrica de ideas y hacer el diseño primordial. Los Álamos trabaja también en estos campos, pero también en llevar todas las fases prácticas del proyecto hasta el final. La escasez de personal para evaluar la idea y el diseño primordial es para mí terrible. Tú supondrías el porcentaje más diferencial que cualquier otra persona en el mapa nacional.

(3) Pretendemos reunir en Princeton un grupo de tamaño supercrítico que llegue realmente a alguna parte.

(4) Pienso trabajar a tiempo completo y confío en que tú también pudieras considerarlo debido a la urgencia de la situación internacional. No obstante, si no crees que la emergencia ha llegado todavía a la fase que requiere una

dedicación a tiempo completo, habría una ocasión opcional para dedicar la parte que considerases adecuada a una pura conexión académica.

En resumen:

(1) Sería enormemente útil que pudieras venir ahora, a Los Álamos o a Princeton.
(2) Si crees que la emergencia no ha llegado todavía a esa fase, pero se puede alcanzar pronto, sería de gran ayuda para nosotros que nos dijeras que vas a considerar seriamente el prestar ayuda en el asunto termonuclear.
(3) Si tu respuesta a (2) es afirmativa, ¿estarías dispuesto a rellenar la credencial adjunta para dejar abiertos los grados de libertad para una primera participación?
(4) ¿Y te ocuparías de llamarme a cobro revertido a Los Álamos 2-2776, o escribirme, para hacerme saber lo que piensas?

Mis mejores deseos,

JOHN WHEELER

Como se ve, Wheeler era partidario de continuar desarrollando el armamento atómico, en particular, producir una bomba termonuclear, esto es, de fusión. De hecho, en alguna ocasión manifestó que lo único que lamentaba era no haber intentado impulsar el inicio del Proyecto Manhattan de manera que comenzase antes; añadía que tal vez así la bomba atómica habría estado disponible antes, lo suficiente como para que su hermano no hubiera muerto en el campo de batalla defendiendo a Estados Unidos. Feynman, sin embargo, tenía otras ideas, como explicó a Wheeler en una carta del 5 de abril de 1951:

Querido John:

Como sabes, planeo pasar mi año sabático en Brasil. Soy desagradablemente consciente de las grandes posibilidades que

hay de que no pueda ir. No obstante, hasta que la situación se defina, no quiero contraer ningún compromiso de trabajo para el próximo año.

Mis mejores deseos,

RICHARD FEYNMAN

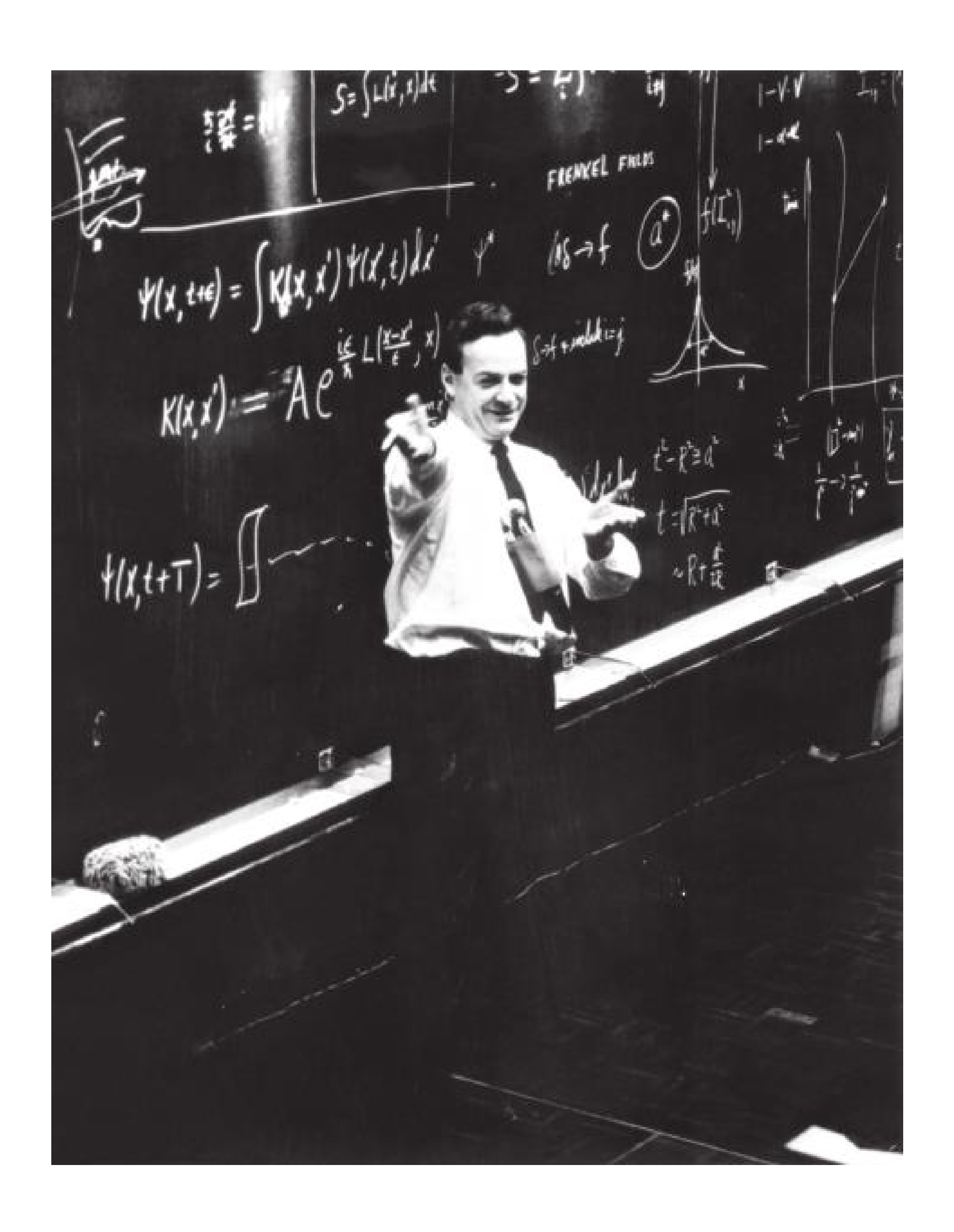
Su participación en el Proyecto Manhattan había sido suficiente. En el futuro, Feynman rehusó trabajar en proyectos militares.

64
RICHARD FEYNMAN, UN CIENTÍFICO AL QUE NADA DE LO HUMANO LE FUE AJENO*

Richard Phillips Feynman (1918-1988) fue uno de los físicos más destacados del siglo XX. Su desenfadada personalidad y su original estilo científico le distinguieron de la mayor parte de sus colegas. Obtuvo su grado en Física en el Massachusetts Institute of Technology, y su doctorado en la Universidad de Princeton, bajo la dirección de otro físico memorable, John Archibald Wheeler, con quien también nos hemos encontrado en el capítulo precedente. Su tesis doctoral, presentada en 1942, se titulaba *The Principle of Least Action in Quantum Mechanics*. En ella se pueden encontrar los gérmenes de posteriores contribuciones suyas, entre ellas, la electrodinámica cuántica, así como la idiosincrásica formulación que produjo de la mecánica cuántica, la denominada «de integrales de caminos», que Feynman explicó más tarde en un libro escrito con un antiguo alumno suyo, Albert Hibbs: *Quantum Mechanics and Path Integrals* (1965).

Su principal, aunque no la única, contribución a la física fue la elaboración de una de las versiones de la electrodinámica cuántica (que ha sido y es la más utilizada), por la que recibió el Premio Nobel de Física en 1965 «por su fundamental trabajo en electrodinámica cuántica, con profundas consecuencias en la física de las partículas elementales». Este premio lo compartió con los dos físicos que crearon otras dos versiones, Shin'ichiro Tomonaga y Julian Schwinger. Otro físico muy

distinguido y que aparece en otros capítulos de este libro, Hans Bethe, recordó la ocasión en que Feynman y Schwinger presentaron sus versiones de la electrodinámica cuántica en una reunión que se celebró en Pocono Manor, en Pensilvania, del 30 de marzo al 2 de abril de 1948:



Richard Feynman dando clase en el California Institute of Technology. © *SPL History/Age Fotostock*

> En la conferencia de Pocono, Feynman y Schwinger presentaron sus versiones de la electrodinámica cuántica. Todo el mundo se quedó tremendamente impresionado por Schwinger, que, desde luego, había realizado un bello trabajo. Estaba relacionado con el viejo estilo de considerar la electrodinámica cuántica, de manera que la gente podía entenderlo fácilmente. Y Feynman tenía una forma completamente nueva de mirar a las cosas, que yo conocía, pero que la mayoría de los demás encontró extraña. Y especialmente Niels Bohr, que, después de todo, era el líder de todos nosotros. Niels Bohr no pudo entenderlo, no creyó en él, ofreció varios cortantes argumentos en su contra y trató a Feynman bastante mal.

Feynman, un científico al que «nada de lo humano le fue ajeno»

Además de su excelencia como científico, Feynman fue un hombre a quien se le puede aplicar la famosa frase de Publio Terencio Africano, «*Homo sum, humani nihil a me alienum puto*», esto es, «Hombre soy, nada de lo humano me es ajeno». Cuando su país lo necesitó, no dudó en dar su tiempo para formar parte del Laboratorio de Los Álamos, el centro del Proyecto Manhattan. Son innumerables las historias que compañeros suyos contaron acerca de su buen humor y originalidad durante aquellos años, años duros para él, ya que su esposa se estaba muriendo.

Su amor por la física se mostraron de muy diversas maneras: fue pionero en la nanociencia; escribió libros que guiaron a los físicos, no sólo a los avezados, sino también a los que comenzaban su camino o deseaban contemplar esta ciencia desde perspectivas más generales y básicas. Me estoy refiriendo a sus famosas *Feynman Lectures on Physics*, fruto de los cursos que dio a estudiantes del California

Institute of Technology entre 1961 y 1963. Se publicó, con la ayuda de Robert Leighton y Matthew Sands, en tres volúmenes y ha sido traducido a una docena de idiomas.

Admirado por sus colegas, Feynman se convirtió en una figura pública —algo poco frecuente cuando se trata de científicos— cuando, en sus últimos años, en enero de 1986, el presidente Reagan le designó para formar parte de una comisión para investigar la causa de la explosión del transbordador espacial Challenger. En una audiencia televisada del comité, que causó una profunda impresión en millones de telespectadores, Feynman realizó un sencillo experimento con un vaso de agua helada y un trozo del transbordador destruido (un retén tórico, en forma de anillo) para demostrar el origen del desastre. Su fama se extendió gracias a la publicación de dos libros, con la ayuda de Ralph Leighton (hijo de Robert), en los que de manera desenfadada narraba todo tipo de historias, incluidas las de su actividad en la comisión presidencial.

Fue, además, un hombre compasivo, como muestra la carta que escribió el 3 de febrero de 1966 a un antiguo alumno suyo (que también lo era de Tomonaga), Koichi Mano, en respuesta a la que éste le envió felicitándole por el Premio Nobel:

> Querido Koichi:
>
> Me alegró mucho recibir noticias suyas, y de que usted tenga ese puesto en los Laboratorios de Investigación.
>
> Por desgracia, su carta me preocupa, pues parece que usted está realmente triste. Parece que la influencia de su profesor ha consistido en darle una falsa idea de cuáles son los problemas que valen la pena. Los problemas que valen la pena son los que uno puede realmente resolver o ayudar a resolver, aquéllos en los que uno puede aportar algo. Un problema es grande en ciencia si se presenta ante nosotros irresuelto y vemos alguna manera de

avanzar en él. Le aconsejaría tomar problemas aún más simples o, como usted dice, más humildes, hasta que encuentre uno que realmente pueda resolver fácilmente, por trivial que sea. Obtendrá el placer del éxito, y de ayudar a su prójimo, incluso si sólo se trata de responder a una pregunta en la mente de un colega menos capaz que usted. No debe privarse de estos placeres porque tenga una idea errónea de lo que vale la pena.

Usted me conoció en la cima de mi carrera, cuando según usted yo estaba interesado en problemas próximos a los dioses. Pero al mismo tiempo tenía otro alumno de doctorado (Albert Hibbs) cuya tesis trataba de cómo pueden los vientos formar ondas cuando soplan sobre el agua en la superficie del mar. Le acepté como alumno porque vino a mí con el problema que quería resolver. Con usted cometí un error. Le di el problema, en lugar de que usted encontrase el suyo, y le dejé con una idea equivocada de lo que es interesante, o agradable, o importante para trabajar (a saber: los problemas en los que usted ve que puede hacer algo). Lo siento, perdóneme. Espero que esta carta ayude a corregirlo un poco.

He trabajado en innumerables problemas que usted calificaría de humildes, pero con los que disfruté y me sentí muy bien porque a veces podía obtener un éxito parcial. Por ejemplo, experimentos sobre los coeficientes de fricción en superficies altamente pulidas para tratar de aprender algo sobre cómo funcionaba la fricción (fracaso). O cómo dependen las propiedades elásticas de los cristales de las fuerzas entre sus átomos, o cómo hacer que el metal galvanizado se adhiera a objetos de plástico (como los botones de una radio). O cómo se difunden los neutrones en el uranio. O la reflexión de ondas electromagnéticas en las láminas que recubren el vidrio. El desarrollo de ondas de choque en explosiones o el diseño de un contador de neutrones. Por qué algunos elementos capturan electrones de órbitas L pero no de órbitas K. La teoría general de cómo doblar un papel para hacer una especie de juguetes infantiles (llamados flexágonos). Los niveles de energía en los núcleos ligeros. La teoría de la turbulencia (le he dedicado varios años sin éxito). Más todos los problemas «mayores» de la teoría cuántica.

Ningún problema es demasiado pequeño o demasiado trivial si realmente podemos hacer algo con él.

Dice usted que es un hombre anónimo. No lo es ni para su mujer ni para su hijo. Tampoco lo será para sus colegas inmediatos si puede responder a sus sencillas preguntas cuando entren en su despacho. Usted no es anónimo para mí. No

permanezca anónimo para usted mismo, es una manera demasiado triste de ser. Conozca su lugar en el mundo y valórese justamente, no en términos de los ingenuos ideales de su juventud, no en términos de lo que usted imaginó erróneamente que son los ideales de su profesor.

Mucha suerte y felicidad.

Afectuosamente,

RICHARD FEYNMAN

65
WOLFGANG PAULI Y LA CIENCIA PURA EN TIEMPOS DE GUERRA*

El físico austríaco Wolfgang Pauli ya ha aparecido antes, pero con poco protagonismo y merece algo más. Se trata de otro de los físicos más notables de entre los creadores de la mecánica cuántica, que destaca en particular por la formulación del denominado «principio de exclusión», al que habitualmente se añade «de Pauli» y por el que recibió el Premio Nobel de Física en 1945. Fue un «niño prodigio». De muy joven se había relacionado con Felix Klein, matemático notable e influyente y catedrático en la Universidad de Gotinga, quien le encargó (Pauli tenía entonces sólo diecinueve años) que escribiese el artículo sobre la relatividad para la famosa *Enzyklopädie der mathematischen Wissenschaften* que él dirigía y en la que participaban grandes matemáticos y físicos de la época. El artículo de Pauli se publicó en 1921 con el título *Relativitätstheorie* (posteriormente, traducido al inglés, se publicó en forma de libro). Hizo su doctorado en Múnich bajo la dirección de Arnold Sommerfeld, el único científico ante el que siempre mostró un extremado respeto y cortesía, porque una de las características de Pauli fue su agudo sentido crítico, despiadado incluso. De él se cuentan numerosas anécdotas, verdaderas o imaginadas. Vayan dos como ejemplo: (1) una de sus frases: «Qué pena, tan joven y ya tan desconocido»; (2) en cierta ocasión Paul Ehrenfest le dijo: «Profesor Pauli, me gusta más su física que su persona», a lo que Pauli respondió: «En mi caso es justamente lo contrario».

Tras doctorarse en Múnich Pauli pasó a Gotinga para trabajar junto a Max Born, el mismo camino que seguiría después de él otro ilustre doctorando de Sommerfeld, Werner Heisenberg. En sus memorias, Born se refirió a Pauli y a Heisenberg de la siguiente manera:

> La serie de los ayudantes [que tuvo en Gotinga] fue bastante notable; a saber: Pauli, Heisenberg, Jordan, Hund, Hückel, Nordheim, Heitler y Rosenfeld. […]
>
> Pauli me fue recomendado por Sommerfeld. […] Era un «niño prodigio». […] Nos encontramos por primera vez durante el verano de 1921, en Ehrwald, Tirol, estando yo de vacaciones. [...] Recuerdo que incluso en la escenografía montañosa más majestuosa, Pauli continuaba discutiendo problemas de física. No era posible ningún tipo de relajamiento mental en su compañía. Por supuesto, no fue un auténtico éxito como «ayudante». Trabajamos juntos en refinados problemas de la teoría de perturbaciones y su aplicación a la teoría cuántica de los átomos, y aprendí mucho de él, ciertamente más que él de mí. Pero apenas me ayudó en mi trabajo rutinario de enseñanza. Yo sufría entonces de ataques de asma y algunas veces tenía que permanecer en cama durante un día o dos. Se suponía entonces que Pauli debía dar mi clase, que era de once a doce del mediodía. Pero a menudo lo olvidaba, y si enviaba a nuestra criada para que se lo recordase a las diez y media, normalmente le encontraba todavía durmiendo.

Cuando Pauli dejó Gotinga, Sommerfeld le recomendó a Born a Heisenberg:

> No era menos «niño prodigo». Estaba entonces trabajando en su tesis doctoral sobre un problema de hidrodinámica; Sommerfeld le aconsejó que aceptase mi oferta para que respirase una atmósfera científica diferente. Cuando llegó (debió ser en octubre de 1922) parecía un sencillo muchacho campesino, con pelo corto y rubio, ojos claros y brillantes, y una expresión encantadora. Tomó sus deberes como ayudante mucho más seriamente que Pauli, y me fue de gran ayuda. Su increíble rapidez de

> comprensión y agudeza le permitía llevar a cabo una cantidad colosal de trabajo sin demasiado esfuerzo; completó su tesis sobre hidrodinámica, trabajó en problemas atómicos, en parte solo y en parte en colaboración conmigo, y me ayudó a dirigir a mis estudiantes de investigación.

Poco después de que Heisenberg produjese su versión de la mecánica cuántica, Born pidió a Pauli que le ayudase a aclarar los problemas matemáticos que la nueva formulación tenía. Lo hizo el 19 de julio de 1925, cuando se encontró con él durante un viaje en tren, camino a una reunión de la rama regional (Baja Sajonia) de la Sociedad Alemana de Física que se celebraba en Hannover. Pero Pauli, fiel a su estilo, se negó, diciéndole: «Sí, ya sé que a usted le gustan los formalismos tediosos y complicados. Con su inútil matemática solamente va a estropear las ideas físicas de Heisenberg». En consecuencia, a su regreso a Gotinga Born pidió a otro de sus ayudantes, Pascual Jordan, que le ayudase.



Wolfgang Pauli.

Sin embargo, y pese a sus muy diferentes idiosincrasias, Pauli y Heisenberg siempre se llevaron bien, llegando a escribir juntos algunos importantes trabajos. Y cuando Heisenberg regresaba a Gotinga, tras pasar dos semanas en la isla de Helgoland (allí se le ocurrió la idea de la mecánica cuántica de matrices), a donde había ido para evitar la fuerte fiebre del heno que le aquejaba, se detuvo en

Hamburgo para visitar a Pauli, cuya opinión y poderes críticos tanto valoraba. Y la reacción de su amigo fue muy positiva. Así, por ejemplo, el 27 de julio de 1925 Pauli escribía al físico neerlandés y fiel colaborador de Bohr, Hendrik Anthony Kramers (en inglés en el original, al igual que las cartas que siguen):

> La «comunidad de auténticos creyentes» no ganaría ni honor ni mucho éxito intentando combatir la tendencia del actual desarrollo de la teoría cuántica que pretende analizar los conceptos de movimiento y fuerza. Me parece que también existe la esperanza de realizar avances *positivos* en esta dirección. En particular, he recibido con alegría las atrevidas suposiciones de Heisenberg (de las que usted habrá oído sin duda en Gotinga [Kramers había realizado una breve visita a Gotinga en junio]). Ciertamente, se está aún muy lejos de ser capaz de decir algo definitivo, y aquí estamos únicamente en los principios. Pero lo que me ha gustado tanto de las consideraciones de Heisenberg es el *método* de su procedimiento y el *propósito* que le ha llevado a hacer estas consideraciones. En general, creo que en lo que se refiere a mis ideas científicas ahora estoy muy próximo a Heisenberg y que tenemos la misma opinión en casi todo, en la medida en que esto es posible en dos personas independientes. También he advertido con placer que Heisenberg ha aprendido un poco de pensamiento filosófico con Bohr en Copenhague y se ha apartado perceptiblemente de lo puramente formal. En consecuencia, ahora me siento menos solo que hace medio año cuando (espiritual y espacialmente) me encontraba bastante aislado entre la Escila de la escuela mística de los números de Múnich y la Caribdis del reaccionario golpe [*Putsches*] de Copenhague, ¡del que usted ha hecho propaganda con excesos fanáticos! Ahora, mi única esperanza es que usted no retrase más el proceso de recuperación de la física de Copenhague, algo que, como resultado del fuerte sentido de la realidad de Bohr, no puede dejar de tener lugar.

Como se ve, ser agradable y cortés no siempre formaba parte de las características personales de Pauli. «No siempre», porque bajo su temible apariencia habitaba una profunda humanidad. En uno

de los libros de Victor Weisskopf (*The Privilege of Being a Physicist*), que fue ayudante suyo en Zúrich y en cuya Escuela Federal Politécnica (ETH) Pauli llegó a ser catedrático, explicaba cómo era en realidad Pauli. En mayo o junio de 1933, recordaba Weisskopf, recibió una carta de Pauli preguntándole si quería ser su ayudante en Zúrich. Para un joven físico, con no demasiada experiencia como era entonces Weisskopf (becado por la Fundación Rockefeller, antes había estado en Copenhague con Bohr y en Cambridge con Dirac; del primero aprendió mucho, pero del segundo, siempre solitario, apenas nada), se trataba de una oportunidad única. Sin embargo, su primer contacto con Pauli, cuando llegó a su despacho en el otoño de 1933 para comenzar sus tareas, fue «difícil». Así es como lo contaba Weisskopf:

> Golpeé varias veces en la puerta del despacho de Pauli hasta que oí un débil «Entre». Vi a Pauli en su mesa de trabajo en el extremo más alejado del despacho y dijo: «Espere, espere, tengo que terminar este cálculo» (*Erst muss ich fertig sein*). Por tanto, esperé varios minutos. Entonces dijo: «¿Quién es usted?». «Soy Weisskopf, usted me pidió ser su ayudante.» «Sí —dijo—, al primero que yo quería era a Bethe, pero él trabaja en la teoría del estado sólido, que no me gusta, aunque yo la comencé.»

Pero Weisskopf terminó conociendo cómo era realmente Pauli:

> Las numerosas anécdotas que circulan entre los físicos ofrecen una imagen distorsionada de la personalidad de Pauli. Se le ve como un carácter mezquino que quería herir a sus colegas más débiles. Nada está más lejos de la realidad. La ocasional y altamente publicitada rudeza de Pauli era una expresión de su rechazo a las medias verdades y al pensamiento descuidado, pero nunca iba dirigido directamente a una persona. Pauli era un

> hombre excesivamente honesto. Lo que decía era siempre lo que verdaderamente pensaba, expresado de forma directa. Nada es más gratificante que vivir y trabajar con alguien que dice todo lo que piensa, pero uno debe acostumbrarse a ello. Pauli no quería herir a nadie, aunque algunas veces lo hizo, sin intención. No le gustaban las medias verdades ni las ideas que no se habían pensado cuidadosamente, y no toleraba hablar de una idea medio cocinada. Era, como dijeron muchas personas, la conciencia de la física.

Una buena muestra de la verdadera personalidad de Pauli la ofrecen unas cartas que escribió al físico George Eugene Uhlenbeck (1900-1988), quien se había formado en Leiden bajo la dirección de Ehrenfest y que introdujo, junto a su compatriota Samuel Abraham Goudsmit, el concepto de espín. Aunque holandés de nacionalidad, Uhlenbeck había nacido lejos de los Países Bajos, en Batavia, en las Indias Orientales Neerlandesas. Después de doctorarse en Leiden, Uhlenbeck aceptó en 1927 una oferta de la Universidad de Míchigan en Ann Arbor para ejercer de instructor de Física. Permaneció allí hasta 1935, cuando regresó a su patria para suceder a Hendrik Kramers como catedrático de Física Teórica en la Universidad de Utrecht. Tres años después volvió a Estados Unidos para pasar seis meses, como parte de su año sabático, en la Universidad de Columbia, en la ciudad de Nueva York. Sin embargo, el comienzo de la Segunda Guerra Mundial hizo que finalmente renunciase a su cátedra de Utrecht y aceptase una cátedra en Ann Arbor, donde permaneció hasta su jubilación en 1971.

La primera carta que citaré es la que Pauli escribió a Uhlenbeck el 19 de enero de 1942, desde Princeton, en cuyo Instituto para Estudio Avanzado se había refugiado en junio de 1940 y donde permaneció

hasta 1946:

¡Querido Uhlenbeck!

Gracias por su carta y manuscrito. [...]

La entrada de América en la guerra cambió mucho la situación en el mundo y pienso que en conjunto para mejor. Tengo alguna esperanza de que la guerra, al menos en Europa, pueda terminar hacia el año 1943. Personas como nosotros dos tenemos que considerar este tiempo como un tiempo de espera. No creo que podamos ser «útiles», pero creo que las cosas importantes en la vida, como la física y el amor, nunca se hicieron porque fueran útiles. Créame, Uhlenbeck, que estuve pensando en usted desde el primer momento de la guerra con los japoneses en relación con la [compañía] holandesa East-India [Indias Orientales Neerlandesas], y que pienso de nuevo en usted siempre que leo algo sobre Batavia. Esperemos que su familia esté a salvo y permanezca así, yo soy optimista sobre ello. Sabía que usted estaría preocupado acerca de esto, lo que es comprensible, y me gustaría hablar con usted sobre muchas cosas y ser un buen amigo suyo.

Existe una cosa que me preocupa mucho: cada vez soy más consciente de que no pertenezco a ninguna nación existente. Siento que mi punto de vista tiene que ser uno supranacional basado en ideas y valores generales de toda nuestra civilización, y que no puedo cambiar mis suposiciones si atravieso una de esas muchas fronteras que, ciertamente, son hechos históricos, pero que sin duda también son una gran molestia y que no tienen ningún significado moral para mí. Ésta era ya mi actitud cuando tenía veinte años; más tarde, durante algún tiempo, realmente traté de llegar a ser un buen suizo, pero esto fue un gran error por mi parte y regresé arrepentido a mi viejo punto de vista supranacional. (Si piensa que estoy loco, por favor, hágamelo saber.)

La aplicación a esta guerra es que de ninguna manera soy neutral (como los suizos), sino que, por el contrario, moralmente estoy completamente en un lado. En el otro lado están Gobiernos extremadamente militaristas que constituyen un peligro inmediato para toda la civilización. Una vez dicho esto, quiero añadir, sin embargo, el comentario crítico de que la otra forma de nacionalismo —una especie de egoísmo pasivo, que era tan obvio en Inglaterra hasta la guerra y que todavía está presente en Suiza — es también muy malo y después de la guerra uno debería intentarlo todo para luchar contra él. Pero creo que sólo personas

que moralmente no pertenecen a ninguna de las naciones existentes, pero que están interesadas en la civilización en general, tienen que estar en el mismo lado en el que se encuentran este país y muchas otras naciones.

La nacionalidad es otra cosa muy diferente que para mí no pertenece a los valores más profundos, sino a la región de la burocracia formal, independientemente de lo inconfortable que me harán la vida ahora y en el futuro las diferentes burocracias nacionales. Parece que es mi destino que conozca «países» solamente como una fuente de perturbación.

Tengo ganas de hablar de todo esto con usted y esté seguro de toda mi participación. Muchos recuerdos (también de Pauli, Franca y para Else).

Suyo,

W. PAULI

El 7 de marzo Pauli volvía a escribir a Uhlenbeck —ahora ya «George»— en respuesta a una carta de éste. Merece la pena reproducir parte de ella, ya que muestra de nuevo, pero con mayor claridad, la humanidad de Pauli, por lo general oculta tras su exterior ferozmente crítico:

¡Querido George!

Cuando recibí tu carta del 26 de enero me alegré porque vi que soy capaz de dar algo a alguien, este sentimiento de una participación más profunda como es habitual en nuestro tiempo. Entonces, de repente, se me ocurrió que debía contestar a tu carta el mismo día, cuando leí que Batavia había caído. Ahora estás tan lejos y sé que necesitas algunas palabras mías. Quiero decirte que no estás solo hoy, aunque separado de tu familia, que está en peligro. Tenemos el mismo deseo de justicia en el mundo y el mismo sentimiento de desamparo, expuestos a crímenes y robos arbitrarios. Esperemos que los miembros de tu familia estén a salvo. Te sugiero que trates de saber de ellos con la ayuda de la Cruz Roja. Ellos también transmiten mensajes de civiles en países ocupados y a menudo tienen mucho éxito logrando que se reciban. Deseo que el futuro se ilumine de nuevo. Este año será el peor, pero, si podemos superarlo sin una completa catástrofe en el territorio ruso, nuestras posibilidades son buenas.

Estoy de acuerdo con todas tus manifestaciones sobre el

carácter de esta guerra, sobre el nacionalismo y sobre el carácter de la *Heimat* [la patria]. Existe un problema del que a veces me ocupo teóricamente y es la colonización europea en general. De la historia de las colonias holandesas en particular, prácticamente no sé nada y tal vez podamos hablar de esto alguna vez. Pero tengo la clara sensación de [lo que significan y han significado en la historia los] crímenes. Piensa en lo que estos británicos hicieron en la India, su papel en las guerras del opio en China y todo lo que sucedió en este país con los incas, etc., *etc.* Todo esto es más o menos de hace mucho tiempo, pero supongo que ahora está por producirse alguna reacción y los «contracrímenes» de la población no europea comenzarán ahora y pueden mantenerse durante mucho tiempo. Tengo un poco de miedo de esto, independientemente de este otro asunto con Hitler.

El país por el que tengo más simpatía en el Lejano Oriente es China. Siempre leo a los filósofos y poetas chinos con alguna pasión, y aunque nunca he estado en China y no comprendo el chino, tengo una especie de deseo hacia este país, que surge de una diferente actitud y, me parece, superior, que desarrolló esta nación —hace mucho— con respecto a los niveles profundos de la psique, que uno puede llamar la esfera religiosa. Espero que China no sea sometida por estos japoneses, como los griegos lo fueron por los romanos.

Con la física no me está yendo muy bien ahora porque [Sidney Michael] Dancoff está fuera, en Urbana, y sólo me queda [Felix] Adler, pero no por mucho tiempo y entonces estaré solo también. Ahora tengo que escribir un artículo, una ocupación que me molesta en estos días, pero que, sin embargo, tengo que lograr. Soy extremadamente escéptico sobre la explicación de las fuerzas nucleares con la ayuda de la teoría del campo mesónico tal y como está ahora, y ¿dónde conseguir una nueva idea si todos los experimentos parecen estar detenidos, no solamente en este país, sino en todo el mundo?

[…]

Si pienso en la física y en esta carta, recuerdo una extraña frase que nuestro amigo Kramers me dijo en Copenhague una vez y creo que fue antes de que te conociese. Dijo: «Pauli, *dein Herz ist besser als dein Verstand*» [«Pauli, tu corazón es mejor que tu entendimiento». No me pareció tan obvio, pero después me la repitió a menudo. Creo que lo hizo también la última vez que lo vi en el año 1938.

Si realmente todavía llegasen tiempos peores —lo que, sin

> embargo, no supongo—, por favor, no me olvides, igual que yo no te olvido hoy. Espero que te sientas un poco mejor de nuevo después de que la hayas leído.

El 4 de mayo de 1942 Pauli volvía a dirigirse a Uhlenbeck. Después de felicitarle por el nacimiento de su primer hijo, Olke, y de compartir noticias de su colega el físico indio Homi Bhabha, abordaba en una carta un tema que quiero resaltar, el del valor de la ciencia básica, cultivada al margen de las necesidades militares:

> Pero hay algo verdaderamente importante que me interesa mucho: un largo artículo de Dirac ha aparecido en los *Proceedings* de la Royal Society sobre la electrodinámica cuántica [«The physical interpretation of quantum mechanics»], en el que afirma que puede hacer que todo sea completamente convergente mediante una nueva interpretación de la teoría. Aún no he leído el artículo, que tiene cuarenta páginas, pero, si esto es realmente cierto, sería el mayor progreso en la teoría cuántica desde 1928. Pronto lo veremos.
>
> En cualquier caso, esto me confirma que mi actitud hacia la física durante la guerra es, al menos, una posible, y que los valores en los que creo y el espíritu están todavía vivos, en Inglaterra incluso si el imperio está desmoronándose. ¡Sean los que sean los detalles del artículo, es una victoria para mí!

A continuación, Pauli explicaba a Uhlenbeck cuestiones que tenían que ver con el curso de la guerra y la actitud de los suizos:

> De los suizos me ha llegado una nueva carta, en la que me escriben que intentarán enviarme ahora (¡) un documento de viaje para tenerme de vuelta; tan importante es esto, el que comience tan pronto como sea posible mis clases en la Eidgenössische Technische Hochschule de Zúrich. Esto no funcionará, por supuesto, tendrán que tener un poco de paciencia, pero como síntoma me parece interesante. Las autoridades suizas

> parecen bastante seguras de que Hitler perderá; de otra forma nunca me habrían escrito semejante carta. Y esto coincide con algunas noticias privadas que he recibido de Suiza. (No puedo aceptar que sea cierto, por supuesto.) Allí se es extremadamente optimista acerca de la guerra en Europa, se espera que este otoño la industria alemana deje de funcionar, en el caso de que los rusos todavía permanezcan en algún lugar. La producción ya disminuye ahora en Alemania. Bien, veremos, tengamos esperanza.

Robert Oppenheimer, que conocía bien a Pauli, ya que en 1929 había pasado varios meses con él en Zúrich con una beca de la International Education Board de la Fundación Rockefeller, coincidía con sus ideas de mantener viva la llama de la investigación no sujeta a motivaciones militares. Lo hizo en una carta que envió a Pauli desde Los Álamos el 20 de mayo de 1943:

> Weisskopf estuvo aquí no hace mucho y nos habló de sus dudas sobre si usted debería, o no, investigar directamente en asuntos relacionados con la guerra. Es difícil responder a esta cuestión que posee una validez más que temporal, pero mi impresión es que actualmente sería una pérdida de tiempo y un error que usted hiciese eso. Usted es casi el único físico en el país que puede ayudar a mantener vivos esos principios de la ciencia que no parecen inmediatamente relevantes a la guerra, y esto es algo que vale mucho la pena hacer.
>
> Además, está el argumento práctico de que debido a complicaciones legales habrá habido y habrá hombres que no pueden trabajar en problemas militares y para los cuales su guía probablemente será decisiva. De esta manera se puede esperar que cuando termine la guerra habrá en el país al menos algunas personas que saben lo que es un mesotrón y que tienen el hábito de estudio que no se dirige hacia un objetivo muy inmediato. Ésta es solamente mi opinión personal y creo que, a su debido tiempo, le presionarán para ayudar con un problema de guerra, pero ciertamente yo tomaría esto como algo a no considerar, sino a estar precavido en su contra.
>
> Existe una sugerencia que muchos de nosotros nos planteamos de vez en cuando y que creo merece ser considerada seriamente,

aunque sé que usted se reirá de esto. Una de las cosas que nos preocupan es que ninguna de las personas de nuestro campo está publicando trabajos en *Physical Review* [la revista de física de la American Physical Society] por la muy buena razón de que no están haciendo nada que pueda ser publicado. Debe quedar claro al enemigo que estamos encontrando buenos usos para nuestros físicos, y en algunos casos pienso que esto es en sí mismo un elemento de información acerca de la naturaleza del trabajo que estamos haciendo. A menudo nos hemos preguntado si con sus grandes talentos para la física y para lo burlesco no sería apropiado utilizarlos para que usted publicara algún trabajo utilizando el nombre de unos pocos de los hombres que ahora están dedicados a cosas que no pueden publicar. Esto le daría a usted una oportunidad de expresar de la forma más apropiada posible su opinión sobre sus cualidades y tendría una deliciosa oportunidad de argumentar consigo mismo públicamente sin ninguna interferencia. Creo que no debería emprender esto sin obtener permiso de sus víctimas, pero sé que Bethe, Teller, [Robert] Serber y yo estaríamos encantados de darle permiso y no dudo de que existirían muchos otros. No rechace esta idea con demasiada ligereza.

El 19 de junio Pauli respondía a Oppenheimer:

¡Querido Oppenheimer!

Muchas gracias por su carta del 20 de mayo. Aprecio mucho que haga tanto hincapié en el valor de la continuación de un trabajo puramente científico. Mientras escucho de otros científicos un punto de vista similar, los no científicos que me dan el dinero (la Fundación Rockefeller y el director del Instituto para Estudio Avanzado) son cada vez, digamos, más y más reacios a continuar haciéndolo. Esto constituye una fuente de dificultad práctica para llevar a cabo su propuesta, que es publicar mis artículos bajo otros nombres. Aunque estaría feliz de ser útil en la forma que me sugiere, me temo que debería publicar con mi propio nombre las pocas cosas que actualmente tengo que decir, para mostrar a los citados donadores de dinero que después de todo estoy haciendo algo con su dinero; me temo que su sentido de lo burlesco está bastante poco desarrollado. Además, no creo que su propuesta lograse realmente su propósito de hacer creer al enemigo que las personas cuyos nombres figurarían como autores no estuviesen ocupados por detrás en algún trabajo científico

relacionado con los problemas de guerra, y toda esta quijotería sería en vano.

Que Oppenheimer apreciase el punto de vista de Pauli es especialmente significativo y valioso, pues como director del Laboratorio de Los Álamos era uno de los líderes del Proyecto Manhattan.

Una vez finalizada la guerra, Pauli decidió regresar a Zúrich, a la cátedra que la ETH le había conservado. En una carta que escribió el 11 de octubre de 1945 a otro destacado físico holandés, Hendrik Casimir, encontramos algunos datos relevantes sobre su decisión de abandonar Suiza y regresar posteriormente a ella:

> Estoy muy agradecido a este Instituto [para Estudio Avanzado de Princeton] por el asilo que me dio desde 1940 hasta ahora. Incluso recientemente me han ofrecido una cátedra permanente en el Instituto (en algún aspecto es para suceder a Einstein, que ha llegado ahora a la edad de jubilación). Por otra parte, todavía soy profesor en Zúrich, donde mi puesto se dejó vacante para mí. Por consiguiente, siento que tengo alguna obligación hacia mis colegas de Zúrich y he decidido hacer primero un viaje a Zúrich tan pronto como sea posible y considerar más tarde el destino más lejano. Mi decisión de dejar Zúrich en 1940 se vio muy influida por la circunstancia de que yo no era un ciudadano suizo.[23] Esta sencilla circunstancia me hace ahora de nuevo difícil el obtener un pasaporte, pero, no obstante, espero poder hacer el viaje dentro de unos pocos meses (tal vez a finales de diciembre o en enero). Veremos en qué lado del Atlántico tendremos nuestra «charla sobre muchas cuestiones».
>
> Sé lo mal que está la situación en Europa, y es verdad que el aspecto material de la vida es muy bueno y tranquilo aquí. No puedo decir lo mismo sobre la situación espiritual. Me pregunto cómo se desarrollará en Europa el lado espiritual de la vida. ¿Es la gente muy nacionalista? Para mí, por supuesto, no es posible considerarme como perteneciente a un solo país (eso contradeciría todo el curso de mi vida). Siento, sin embargo, que soy europeo. Este concepto, de nuevo, no es reconocido en

Europa, lo que hace que la situación me sea bastante complicada.

Los últimos años han sido bastante solitarios, particularmente 1942 y 1943. Durante los últimos he visto regularmente a Uhlenbeck en el MIT [Massachusetts Institute of Technology] durante el curso que daba allí. Tengo un buen contacto con él, tanto en lo científico como en lo humano. A menudo pienso en la vieja sentencia de Kramers sobre mí, que «mi corazón es mejor que mi entendimiento». ¿Qué tal está él? ¿En qué está trabajando? Rosenfeld me escribió que Kramers pasó algún tiempo en Suiza.

66
PAULI Y JUNG*

Un detalle que muestra la amplitud de intereses de Pauli, así como la complejidad de su personalidad y pensamiento, es la relación que mantuvo con el psiquiatra clínico y experimental suizo Carl Gustav Jung (1875-1961), quien estuvo muy unido a Sigmund Freud entre 1906 y 1912, cuando surgieron profundas diferencias entre ambos. La relación de Pauli con Jung tuvo su origen en la crisis emocional que sufrió el físico tras el suicidio de su madre en 1927 y su breve matrimonio con la bailarina alemana Käthe Deppner, que terminó en divorcio a finales de 1930. Siguiendo el consejo de su padre, consultó a Jung, quien al principio dispuso que le analizase su ayudante Erna Rosenbaum, ya que sospechaba que el problema fundamental de Pauli era sus relaciones con las mujeres. Al análisis de los sueños de Pauli realizados por Rosenbaum siguieron dos años en los que trató directamente con Jung, consultas que acabaron a finales de octubre de 1934. Esto no significó que terminasen las relaciones entre ambos, que se mantuvieron sobre todo a través de una extensa correspondencia que muestra el interés de Pauli por comprender el simbolismo de sus propios sueños. Se conservan 80 cartas, 39 de Pauli y 41 de Jung, la primera (de Jung) fechada el 4 de noviembre de 1932 y la última (también de Jung) de agosto de 1957. De hecho, y ocultando el nombre de Pauli, Jung utilizó esos sueños en algunas de sus publicaciones.

Explicar los intercambios entre ambos, tal y como aparecen en esas cartas, excedería los límites del

presente libro; por ello me limitaré a citar unos pasajes de una carta de Pauli a Jung fechada el 4 de mayo de 1953, en respuesta a una extensa de éste del 7 de marzo del mismo año. En ella Pauli explicaba la relación que había mantenido (ya mencionada) con Ernst Mach y se adentraba en sus ideas, así como en su posible relevancia con las que Jung y él mismo mantuvieron:



Carl Gustav Jung.
© *Akg-images/Album*

Entre mis libros se encuentra un estuche algo polvoriento, éste

contiene un cubilete de plata *art nouveau* y en éste, a su vez, hay una tarjeta. En estos momentos me parece que de este cubilete sale un espíritu sereno, benévolo y jovial, de la época barbada. Veo cómo le da a usted la mano amistosamente, aplaude su definición de la física como un signo prometedor de una comprensión, si bien algo tardía, a lo que añade lo bien que concuerdan las etiquetas en su laboratorio, y finalmente manifiesta su satisfacción porque los juicios metafísicos hayan sido en general (como él solía decir) «desterrados al reino de las sombras de un animismo primitivo». Pues bien, este cubilete es un vaso de bautismo y en la tarjeta está escrito en letras antiguas adornadas con arabescos: «Dr. E. Mach, profesor de la Universidad de Viena». Resulta que mi padre era muy amigo de su familia, ideológicamente se encontraba en aquel tiempo por completo bajo su influencia y él (Mach) se ofreció amistosamente a hacer de padrino en mi bautizo. Mach tenía seguramente una personalidad más fuerte que la del sacerdote católico y el resultado fue, según parece, que fui bautizado antimetafísicamente, en lugar de católicamente. En todo caso, la tarjeta permanece en el cubilete y, pese a los grandes cambios espirituales por los que he pasado posteriormente, sigue siendo una etiqueta que llevo puesta, a saber, «de procedencia antimetafísica». De hecho, Mach consideraba la metafísica, de manera algo simplista, como causa de todo el mal sobre la Tierra —expresado psicológicamente: como el diablo por antonomasia— y ese cubilete con la tarjeta dentro pasó a ser un símbolo del *aqua permanens* que ahuyenta a los malos espíritus metafísicos.

No necesito describirle con más detalle a Ernst Mach, pues si lee la descripción que usted mismo ha hecho del tipo sensorial extrovertido, se podrá también formar una idea de E. Mach. Era un virtuoso de la experimentación y su casa estaba llena de prismas, espectroscopios, estroboscopios, máquinas electrostáticas, etcétera. Siempre que le visitaba me mostraba algún bonito ensayo experimental realizado con el fin de eliminar en parte, afianzar en parte, corrigiéndolo, el pensar, el cual era siempre en su opinión de poco fiar e inductor de engaños y equivocaciones. Otorgando un valor universal a su propia psicología, recomendaba a todos utilizar lo más «ahorrativamente» posible esa función auxiliar inferior (economía de pensamiento). Su propio pensamiento seguía muy de cerca las impresiones sensoriales, los instrumentos y los aparatos.

Pero no es mi intención hablar en esta carta de la historia de la física, como tampoco del caso clásico de tipos antagónicos que representan E. Mach y L. Boltzmann, el tipo pensador. Fue antes

de la Primera Guerra Mundial cuando vi a Mach por última vez, falleció en 1916 en una casa de campo cerca de Múnich.

En relación con su carta, es interesante el intento de Mach de apelar, también dentro de la física, a los hechos psíquicos (datos sensoriales, representaciones) y, especialmente, de eliminar de ella en la medida de lo posible el concepto de «materia». Consideraba que este «concepto subsidiario» había sido sobrevalorado en exceso por los filósofos y los físicos y que era una fuente de «seudoproblemas». Su definición de la física coincide en lo esencial con la propuesta por usted y siempre hizo hincapié en que la física, la fisiología y la psicología «se diferenciaban solo en sus líneas de investigación, pero no en su objeto»; su objeto está en todos los casos formado por los «elementos» psíquicos (él exageró bastante su simplicidad; en realidad, éstos son siempre muy complejos). Me causó gran sorpresa ver que, pese a las numerosas críticas de usted a eso que más tarde se ha denominado *positivismo* (Mach utilizaba *mucho* ese término), existen también coincidencias fundamentales entre usted y esa corriente: en ambos casos se trata de una *eliminación intencionada de procesos de pensamiento*. Por supuesto no hay absolutamente nada que objetar a esta etiquetación de las representaciones y a la definición correspondiente de la física, máxime cuando ésta se encuentra en perfecta consonancia con la filosofía idealista de Schopenhauer, quien utiliza conscientemente «representación» y «objeto» como sinónimos. Lo que importa es, de hecho, *la manera en que uno sigue avanzando*. Lo que Mach quería, algo que no es realizable, era eliminar por completo de la explicación de la naturaleza todo aquello que es «no concretable *hic et nunc*» [«aquí y ahora»]. Pero haciendo esto uno ve bien pronto que ya no entiende nada: ni si uno debe adscribir también a los otros una psique (concretable es solamente la propia), ni si personas diferentes hablan del mismo objeto físico (la «ausencia de ventanas» de las «mónadas» de Leibniz). Uno debe, pues, si se quiere satisfacer del instinto y de la razón a un tiempo, *introducir cualesquiera elementos estructurales del orden cósmico*, que sean «*en-sí-no-concretables*». Me parece que en su caso son los arquetipos los que desempeñan principalmente este papel.

67
CARTAS SOBRE POLÍTICA CIENTÍFICA*

En capítulos anteriores, especialmente en el dedicado al Proyecto Manhattan, han aparecido cuestiones, y cartas, pertenecientes a la política científica; no obstante, creo interesante desarrollar algo más este apartado, tan importante para la ciencia actual.

Por «política científica» entiendo «la planificación por parte de un Estado de la investigación científica, con el propósito de favorecer la situación de la ciencia nacional para que pueda competir con la producida en otros países y poder aplicarla para generar riqueza». Los beneficios de esa riqueza se manifestarán en campos diversos, como pueden ser el económico, el militar, el industrial o la mejora de servicios sociales en, por ejemplo, la medicina, las comunicaciones o la producción de energía.

En principio, cuando se habla de «política científica» se suele pensar en una actividad que nació en el siglo XX, aunque existieran destellos de ella en el XIX (por ejemplo, la creación de institutos y laboratorios en universidades, financiados por los *lander* alemanes o por el ministerio encargado de asuntos universitarios, tras demostrarse el valor económico-industrial de estas ciencias, primero en la química orgánica y luego en la física del electromagnetismo); sin embargo, no es así. Pensemos, por ejemplo, en la expedición encabezada por Francisco Hernández, que se desarrolló durante el reinado de Felipe II, de cuya corte formó parte el propio Hernández como médico de cámara del monarca. Considerada como la primera expedición

científica moderna, investigó la historia natural americana (mexicana) desde 1571 a 1577. El 24 de diciembre de 1569, Felipe II dio a Hernández una comisión por cinco años para ir a las Indias, con objeto de que escribiera la historia de «las cosas naturales» de dicho país. Más concretamente, fue nombrado «protomédico general de nuestras Indias, islas y tierra firme del mar Océano», con órdenes «tocantes a la historia de las cosas naturales que habéis de hacer en aquellas partes». La primera de tales órdenes era «en la primera flota que destos reinos partieron para la Nueva España os embarquéis y vais a aquella tierra primero que a otra ninguna de las dichas Indias, porque se tiene relación que en ella hay más cantidad de plantas e yerbas y otras semillas medicinales que en otra parte». En concreto, lo que el rey pidió era que «os habéis de informar dondequiera que llegáredes de todos los médicos, cirujanos, herbolarios e indios e de otras personas curiosas en esta facultad y que os pareciere podrán entender y saber algo, y tomar relación generalmente de ellos de todas las yerbas, árboles y plantas medicinales que hubiere en la provincia donde os halláredes». A la vista de estas manifestaciones, no parece que el interés del rey fuese obtener beneficios para las colonias, ni tampoco aportar nuevos conocimientos a la historia natural, aunque ambas cosas se consiguiesen subsidiariamente; más bien se trataba del habitual deseo de la metrópolis de extraer riqueza de sus colonias. En otras palabras, el planteamiento de aquella expedición —al igual que muchas otras, hispanas o no, del futuro— respondió a un tipo de política científica.

Pero la política científica alcanzó verdadera

importancia, y precisó en consecuencia de diseños más rigurosos y profundos, a partir de las dos guerras mundiales del siglo XX, especialmente de la segunda, la guerra de la aviación, del radar y de la bomba atómica. Y es que entre las lecciones aprendidas de la Segunda Guerra Mundial figuraba, prominente, que la ciencia constituía uno de los valores más preciados para el presente y, sobre todo, para el futuro de una nación. No es sorprendente que el presidente Franklin Delano Roosevelt dirigiese antes del final de la guerra, el 17 de noviembre de 1944, la siguiente carta a Vannevar Bush, el director de la Oficina de Investigación y Desarrollo Científico del que ya he hablado:

> Querido Dr. Bush:
>
> La Oficina de Investigación y Desarrollo Científico, de la que usted es director, representa una experiencia única de trabajo en equipo y de cooperación en la coordinación de la investigación científica, y de aplicar el conocimiento científico existente en la solución de los problemas técnicos vitales para la guerra. Su trabajo se ha desarrollado en el más absoluto secreto, y llevado a cabo sin ningún tipo de reconocimiento público; pero sus resultados tangibles se pueden encontrar en los comunicados que proceden de los campos de batalla de todo el mundo. Algún día la historia completa de sus logros se podrá contar.
>
> No existe, sin embargo, razón alguna por la que las lecciones que se han obtenido con este experimento no puedan emplearse con provecho en tiempos de paz. La información, las técnicas y la experiencia investigadora desarrollada por la Oficina de Investigación y Desarrollo Científico, y por los miles de científicos de las universidades e industrias privadas, debería utilizarse en los días de paz que nos aguardan para la mejora de la salud nacional, la creación de nuevos proyectos que produzcan nuevos empleos y el mejoramiento del nivel de vida nacional.
>
> Es con tal objetivo en mente por lo que querría tener sus recomendaciones sobre los siguientes cuatro grandes puntos:
>
> *Primero*: ¿Qué se puede hacer, que sea consistente con la seguridad militar, y que cuente con la aprobación previa de las

autoridades militares, para dar a conocer al mundo, tan pronto como sea posible, las contribuciones al conocimiento científico que se han realizado durante nuestro esfuerzo en la guerra?

La difusión de tal conocimiento debería ayudarnos a estimular nuevos proyectos, a proporcionar empleos para nuestros soldados que regresarán y también para otros trabajadores, así como para lograr importantes avances en la mejora del bienestar nacional.

Segundo: En referencia concreta a la guerra de la ciencia contra la enfermedad, ¿qué se puede hacer ahora para organizar un programa para continuar en el futuro el trabajo que se ha realizado en medicina y ciencias relacionadas?

El hecho de que las muertes anuales en este país, debidas sólo a una o dos enfermedades, sea muy superior al número de vidas que hemos perdido en batalla durante la guerra, debería hacernos conscientes del deber que tenemos con futuras generaciones.

Tercero: ¿Qué puede hacer ahora y en el futuro el Gobierno para ayudar a las actividades de investigación realizadas por organizaciones públicas y privadas? Debería considerarse cuidadosamente cuáles deben ser las funciones propias de la investigación pública y privada, y su interrelación.

Cuarto: ¿Es posible proponer un programa eficaz para descubrir y desarrollar el talento científico en la juventud americana, de forma que se pueda asegurar el futuro de la investigación científica en este país en un nivel comparable a lo que se ha realizado durante la guerra?

Delante de nosotros se hallan nuevas fronteras de la mente, y si nos aventuramos en ellas con la misma visión, atrevimiento y determinación con que hemos manejado esta guerra, podremos crear un empleo más completo y fructífero y una vida más completa y más fructífera.

Espero que, tras realizar todas las consultas que estime conveniente con sus asociados y otros, pueda proporcionarme su considerado juicio sobre estos asuntos tan pronto como sea conveniente, informándome sobre cada uno de ellos cuando esté preparado, en lugar de esperar a completar todos sus estudios.

Muy sinceramente suyo,

FRANKLIN D. ROOSEVELT

Bush cumplió el encargo de Roosevelt y le envió al presidente Truman (Roosevelt había fallecido en abril de 1945) el informe solicitado. Se publicó el 5 de julio de 1945 bajo el título de *Science, the Endless*

Frontier. Report to the President on a Program for Postwar Scientific Research (*Ciencia, la frontera sin fin. Informe al presidente sobre un programa para la investigación científica en la posguerra*). Tenía 184 páginas.

El mismo día en que la imprenta gubernamental acabó la impresión, Bush envió la siguiente carta a Truman:

> Querido Sr. presidente:
>
> En una carta fechada el 17 de noviembre de 1944, el presidente Roosevelt me pidió mis recomendaciones en los siguientes puntos:
>
> (I) ¿Qué se puede hacer, que sea coherente con la seguridad militar y que cuente con la aprobación previa de las autoridades militares, para dar a conocer al mundo, tan pronto como sea posible, las contribuciones al conocimiento científico que se han realizado durante nuestro esfuerzo en la guerra?
>
> (II) En referencia concreta a la guerra de la ciencia contra la enfermedad, ¿qué se puede hacer ahora para organizar un programa para continuar en el futuro el trabajo que se ha realizado en medicina y ciencias relacionadas?
>
> (III) ¿Qué puede hacer ahora y en el futuro el Gobierno para ayudar a las actividades de investigación realizadas por organizaciones públicas y privadas?
>
> (IV) ¿Es posible proponer un programa eficaz para descubrir y desarrollar el talento científico en la juventud americana, de forma que se pueda asegurar el futuro de la investigación científica en este país en un nivel comparable a lo que se ha realizado durante la guerra?
>
> Queda claro de la carta del presidente Roosevelt que al pensar en la ciencia tenía en mente las ciencias naturales, incluyendo la biología y la medicina, y así interpreté sus preguntas. El progreso en otros campos, tales como las ciencias sociales y las humanidades, es igualmente importante; pero el programa para la ciencia en mi informe exige atención inmediata.
>
> Al buscar respuestas a las preguntas del presidente Roosevelt he tenido la ayuda de distinguidos comités especialmente cualificados para asesorarme con respecto a estos temas. Los comités han dado a estas cuestiones toda la atención que merecen; de hecho, han considerado esto como una oportunidad para participar en la configuración de la política de la nación con

respecto a la investigación científica. Han tenido muchas reuniones y han entregado informes formales. Yo he estado en estrecho contacto con el trabajo de los comités y con sus miembros a lo largo de todo el proceso. He examinado los datos que han reunido y las sugerencias que han presentado sobre los puntos planteados en la carta del presidente Roosevelt.

Aunque el informe que presento aquí es mío, los hechos, conclusiones y recomendaciones están basadas en los resultados de los comités. Como mi informe es necesariamente breve, incluyo como apéndices los informes completos de los comités.

Es esencial un único mecanismo para implementar las conclusiones de los diferentes comités. Al proponer tal mecanismo, me he alejado algo de las recomendaciones específicas de los comités, pero me he asegurado de que el plan que propongo sea aceptable para los miembros de los comités.

El espíritu pionero todavía es vigoroso en esta nación. La ciencia ofrece una retaguardia apenas explorada para el pionero que posee las herramientas para su tarea. Las recompensas de semejante exploración son grandes, tanto para la nación como para el individuo. El progreso científico es una llave esencial para nuestra seguridad como nación, para que nuestra salud sea mejor, para más empleos, para un estándar de vida más elevado y para nuestro progreso cultural.

Respetuosamente suyo,

V. BUSH

De esta carta se deduce que Bush pretendía orientar al nuevo presidente (no parece que le hubieran informado del Proyecto Manhattan cuando era vicepresidente en la legislatura anterior) sobre el valor de la investigación científica. En el fondo, se trataba de reafirmar la importancia de establecer desde el Gobierno federal políticas científicas para el bienestar y la seguridad de la nación. Truman reaccionó, y en 1951 creó el Science Advisory Committee (SAC, Comité Asesor para Ciencia), a fin de que evaluase los programas espaciales y de defensa, así como para que le aconsejasen acerca de cómo reforzar la ciencia y tecnología estadounidenses.[24]

En cuanto al informe de Bush, mencionaré

algunos puntos de su contenido. Con respecto a la medicina, señalaba que la «iniciativa y apoyo del Gobierno para el desarrollo de los nuevos materiales y métodos terapéuticos descubiertos puede reducir el tiempo que se necesita para llevar los beneficios al público», y añadía:

> Está claro que si deseamos mantener el progreso en medicina que ha marcado los últimos veinticinco años, el Gobierno debería proporcionar apoyo económico a la investigación médica básica en las facultades de Medicina y universidades, mediante ayudas para investigación y para becas. La cantidad que se puede gastar razonablemente durante el primer año no debería exceder los 5 millones de dólares. Una vez que el programa esté en marcha, tal vez se puedan gastar 20 millones al año con eficacia.

No olvidaba Bush la relación de la ciencia con las Fuerzas Armadas, pero hacía hincapié en la necesidad de que existiese algún tipo de control civil:

> Para estar bien preparados militarmente se necesita una organización independiente, controlada por los civiles, que tenga una estrecha relación con el Ejército y la Marina, pero con fondos que procedan directamente del Congreso y con el claro poder de iniciar investigaciones militares que complementen y refuercen las llevadas a cabo directamente bajo control del Ejército y la Marina.

Con respecto al valor de la ciencia para la industria, escribió unas frases que mantienen aún hoy su vigencia: «Una nación que depende de otras para su nuevo conocimiento científico básico será lenta en su progreso industrial y débil en su posición competitiva en el comercio mundial, independientemente de su habilidad mecánica». Y también quiero recordar lo que recomendaba con referencia al ámbito

universitario:

> *Colleges* y universidades privadas o públicas y los institutos de investigación deben proporcionar el nuevo conocimiento científico y los investigadores formados. [...] Es sobre todo en estas instituciones en las que los científicos pueden trabajar en una atmósfera que se encuentra relativamente libre de la adversa presión que representa lo convencional, el prejuicio o la necesidad comercial. [...] Si los *colleges*, universidades e institutos de investigación tienen que cumplir las rápidamente crecientes demandas de nuevos conocimientos científicos procedentes de la industria y el Gobierno, su investigación básica debería ser reforzada utilizando fondos públicos.

Lejos de atenuarse la importancia de la ciencia con el final de la Segunda Guerra Mundial, el comienzo de la denominada Guerra Fría, que enfrentó a dos superpotencias, Estados Unidos y la URSS, la incrementó. Un momento relevante en este sentido se produjo el 4 de octubre de 1957, cuando la Unión Soviética puso en órbita el primer satélite artificial, el Sputnik. Dos horas después de que el Sputnik hubiese completado con éxito su primera órbita a la Tierra, la agencia soviética de noticias, TASS, comenzó a comunicar detalles al mundo. El Sputnik, decía TASS, estaba girando en torno a la Tierra en una órbita de noventa y cinco minutos a una altura de unos 900 kilómetros, viajando a aproximadamente 28.800 kilómetros por hora. El satélite era una esfera de 58 centímetros de diámetro, un peso de 84 kilogramos y enviaba señales continuas de radio a la Tierra desde dos transmisores.

Al lanzar sus señales al espacio, el Sputnik creó una crisis de confianza que barrió Estados Unidos, instalándose el temor de que el país se encontrase a merced de la maquinaria militar soviética. Pero once

días después del lanzamiento del Sputnik, el 15 de octubre de 1957, el presidente Eisenhower llamó a la Casa Blanca a los miembros del grupo asesor que Truman había creado en 1951, el SAC. Les pidió que evaluasen los programas espaciales y de defensa, así como que le aconsejasen sobre cómo reforzar la ciencia y tecnología estadounidenses.

Desde su establecimiento, el SAC, que formaba parte de la Oficina Ejecutiva del presidente, fue dirigido sucesivamente por Oliver Buckley (1951-1952), Lee A. DuBridge (1952-1956) e Isidor Rabi (1956-1957). Cuando Truman dejó la presidencia, Vannevar Bush, que nunca mantuvo buenas relaciones con Truman, animó al director de Seguridad Nacional (Robert Cutler) de la nueva Administración republicana a que designase a algún joven y brillante científico para que, apoyado por los mejores científicos del país, actuase como asesor en asuntos científicos dentro de la Casa Blanca. La idea, sin embargo, no se aplicó... hasta el lanzamiento del Sputnik. En efecto, en la mencionada reunión del 15 de octubre participaron algunos miembros del SAC: el físico Isidor Rabi, entonces su director y amigo de Eisenhower desde los tiempos en que éste presidió la Universidad de Columbia, donde trabajaba; James Killian (1904-1988), presidente del MIT desde 1948, y Hans Bethe. En la reunión, Rabi argumentó que el presidente necesitaba en su equipo un «sobresaliente asesor científico a tiempo completo» (hasta entonces, los miembros del SAC, incluido su director, trabajaban para él a tiempo parcial y solían reunirse con el presidente unas dos veces al año), esto es, mejorar la situación del SAC, que no tenía necesariamente acceso directo al presidente. Killian estuvo de acuerdo y

sugirió crear un pequeño comité de científicos que aconsejase al presidente en cuestiones científicas y tecnológicas cruciales, siguiendo el modelo del Consejo de Asesores Económicos. El 7 de noviembre, en un comunicado difundido a todo el país, Eisenhower anunció la designación de Killian para el nuevo puesto de asesor del presidente para Ciencia y Tecnología, y que el ya existente Comité Científico de la Oficina de Movilización para la Defensa se ampliaría y pasaría a depender de la Casa Blanca. El 1 de diciembre, este Comité se había reorganizado con Killian como *chairman* y bautizado como Comité Asesor para Ciencia del Presidente (President's Science Advisory Committee). Estaba formado por 22 miembros.

Es interesante saber cuáles eran las obligaciones de este Comité, ya que dicen mucho sobre la relación entre la ciencia y los científicos y el poder político estadounidense en su nivel más elevado, el de la presidencia. Disponemos al respecto de un documento de gran valor, calificado de «Confidencial» cuando fue enviado; es una carta que el presidente Eisenhower mandó a Killian el 7 de diciembre de 1957, esto es, un mes después de haber recibido oficialmente su nombramiento como asesor del presidente para Ciencia y Tecnología:

> Querido Dr. Killian:
>
> Al comenzar sus deberes como mi asesor especial para Ciencia y Tecnología, me gustaría de entrada llamar su atención sobre ciertas actividades particulares dentro del conjunto del área de responsabilidad que le he encargado. En términos generales, son éstas:
>
> Que se mantenga informado sobre el progreso de los esfuerzos científicos en las diversas agencias del Gobierno, prestando atención en primer lugar a la utilización de la ciencia y la

tecnología en asuntos de seguridad nacional.

Encontrar y presentarme hechos, evaluaciones y recomendaciones relativas a materias científicas y tecnológicas.

Aconsejar sobre asuntos científicos y tecnológicos en deliberaciones de política de alto nivel; estar disponible para asesorar, cuando sea apropiado y práctico, en materias científicas y tecnológicas a miembros del gabinete y otros oficiales del Gobierno que tengan responsabilidades políticas, y trabajar en estrecha asociación con el director de la Oficina de Movilización de la Defensa y el asesor especial del presidente para Seguridad Nacional.

Tratar de anticipar tendencias o desarrollos futuros en el área de la ciencia y de la tecnología, particularmente en tanto que afecten a la seguridad nacional, y sugerir acciones futuras al respecto.

Ayudar en la recogida de información sobre el progreso relativo de la ciencia y la tecnología soviética y estadounidense.

Trabajar estrechamente con la Fundación Nacional para la Ciencia y con su director.

Ocuparse, cuando sea posible y adecuado, del intercambio de información científica y tecnológica con científicos y oficiales, militares y no militares, y con nuestros aliados, y promover la ciencia en el mundo libre.

Entenderá, por supuesto, que lo anterior no limita o define sus responsabilidades, pretendiendo únicamente constituir una ayuda para que organice inicialmente su trabajo. Está autorizado a asistir a reuniones de la Junta de Planificación del Consejo de Seguridad Nacional, del Comité Interdepartamental de Investigación y Desarrollo Científico, y del Comité Asesor para la Ciencia. Entiendo que el secretario de Estado le ha invitado a asistir o a estar representado en reuniones de la Junta de Ciencia para la Defensa. También entiendo que el secretario de Defensa ha pedido a la Junta de Jefes de los Ejércitos [*Joint Chiefs of Staff*] que le inviten a consultar asuntos con ellos cuando consideren que se encuentran en su campo de interés. Apruebo estas disposiciones.

Es mi deseo que tenga usted acceso a todos los planes, programas y actividades del Gobierno relacionadas con la ciencia y la tecnología, incluyendo el Departamento de Defensa, AEC [Atomic Energy Commission] y CIA [Central Intelligence Agency].

En nuestras conversaciones de hace unos días, le indiqué mi propósito básico al crear su puesto. Tengo en mente el inmenso valor que su trabajo puede tener al ayudar a preparar información

> para mí y para dar un mayor sentido de dirección a todos los que tienen que ver con los esfuerzos científicos y tecnológicos de nuestra nación.

Vemos que aunque el rango de las responsabilidades de Killian parecía inmenso, y en principio así era, destacaban en primer lugar sus obligaciones relacionadas con asuntos que afectasen a la seguridad nacional. Una muestra más de la dependencia, de la subordinación a los intereses y necesidades políticas que el Gobierno del Estado federal pretendía para la ciencia y la tecnología del país.

LA DESAPARICIÓN DE ETTORE MAJORANA*

Al igual que en cualquier otro apartado del mundo, en el de la ciencia existen misterios. Y no me refiero ahora a problemas de naturaleza científica sin resolver —¿qué es la materia oscura?, ¿cómo es posible que el universo comenzara, de repente, con un gran estallido, el *big bang*?, ¿cómo explicar la consciencia?—, sino a otros de índole personal, como fue la desaparición del físico italiano Ettore Majorana (1906-1938).

Majorana fue miembro del grupo que Enrico Fermi formó en Roma y que en su breve existencia dejó aportaciones notables a la física, como la «ecuación de Majorana», los «espinores de Majorana» o los «neutrinos de Majorana». Graduado por la Universidad romana La Sapienza en 1929, a instancias de Fermi amplió estudios junto a Heisenberg en Leipzig y Bohr en Copenhague durante unos meses de 1933 y regresó a Roma ese mismo año con problemas de salud. En noviembre de 1937, sus trabajos fueron reconocidos con una cátedra de Física en la Universidad de Nápoles. Sin embargo, aunque este nombramiento pudiera representar un punto de partida para nuevas aportaciones a la física, tener discípulos y tal vez crear una escuela, aquel año desapareció durante un viaje en barco de Nápoles a Palermo.

Y aquí surge una historia de irresistible atracción. ¿Cómo y por qué desapareció? ¿Se tiró al mar durante el viaje? ¿Se cayó del barco? Atraído por esta historia, el italiano Leonardo Sciascia escribió el libro *La scomparsa di Majorana* (*La desaparición de Majorana*,

1975). En esta obra se leen reflexiones como las siguientes:

> La ciencia, lo mismo que la poesía, está a un paso de la locura, como se sabe, y el joven profesor había dado ya ese paso tirándose al mar o al Vesubio o escogiendo algún otro tipo de muerte todavía más sofisticado. Los familiares, como siempre sucede en los casos en que no se encuentra el cadáver, o se encuentra más tarde, casualmente e irreconocible, entran en la locura de creerlo todavía vivo. Locura que terminaría por apagarse si no fuese porque otros locos se encargan de alimentarla diciendo que han encontrado al desaparecido, que le han reconocido por unas señales ciertas (señales que son vagas antes de encontrar a los familiares, pero que éstos, en sus incontrolados interrogatorios, se encargan de convertir en ciertas).



Ettore Majorana.

© Mondadori Portfolio/Album

No se pudo determinar la forma en que Majorana desapareció, pero que tenía ese propósito en mente está fuera de toda duda, como muestra la carta que envió el 25 de marzo de 1938 a Antonio Carrelli, físico, catedrático de Física Experimental y director del Instituto de Física de la Universidad de Nápoles:

> Querido Carrelli:
>
> He tomado una decisión que por ahora es inevitable. No hay en ella ni el menor gramo de egoísmo, pero reconozco la molestia que le acarreará a usted y a los estudiantes mi desaparición repentina. Le ruego me perdone por ello, pero especialmente por haber traicionado la confianza, la amistad sincera y la amabilidad que usted ha mostrado durante meses hacia mí. También le pido que dé mis mejores deseos a todos los que he conocido y llegado a respetar en su instituto, en particular a [Sebastiano] Sciuti. De todos los cuales guardaré gratos recuerdos, al menos hasta las once en punto de esta noche, y posiblemente después.
>
> E. MAJORANA

Una carta ciertamente ambigua. Sólo quedaba claro que quería «desaparecer», pero esto no implica «suicidarse». Diferente era la carta dirigida ese mismo día «A mi familia», que dejó en la habitación del hotel de Nápoles en donde se alojaba:

> Sólo tengo un deseo: que no se vistan de negro. Si quieren llorar mi muerte, entonces háganlo, pero no más de dos o tres días. Luego, si pueden, guarden mi recuerdo en sus corazones, y perdónenme.
>
> Afectuosamente,
>
> ETTORE

Sciascia escribía:

> Hemos visto otras cartas de suicidas: en todas hay, incluso en la grafía, una alteración más o menos acusada. Algo desajustado y caótico. En las cartas de Majorana, en cambio, todo es orden, compostura, un juego en el límite de la ambigüedad que no puede dejar de ser deliberado, conociéndole como le conocemos. Hasta la misma palabra *desaparición*, en vez de muerte o fin, creemos que fue usada para que se entendiera como eufemismo cuando, en realidad, no lo era.

Y como imaginaba el escritor italiano, la familia no se resignó ante su desaparición y movilizó todos los recursos que pudo. Así, la madre de Ettore, Dorina, le envió una carta desde Roma al *Duce*, Benito Mussolini, el 27 de julio:

> Su Excelencia:
>
> Recurro a usted, el inspirador supremo y moderador de la justicia, para que se puedan intensificar, en la medida de lo posible, los medios más adecuados para recuperar a mi hijo, Ettore Majorana. Era catedrático de Física Teórica en la Universidad de Nápoles, un puesto al que había sido designado el pasado noviembre por sus excepcionales méritos.
>
> Su dolorosa y repentina desaparición dura por ahora cuatro meses y sólo ha habido un rastro seguro de él. En los últimos días de marzo, o en los primeros de abril, Ettore Majorana apareció en un estado de muy gran agitación ante el superior de la iglesia del Nuevo Jesús, en Nápoles, y pidió ser huésped en un retiro para experimentar la vida religiosa.
>
> No habiendo sido aceptado inmediatamente, por razones obvias, desapareció y no ha habido desde entonces noticias suyas. Todas las investigaciones llevadas a cabo por la Autoridad Eclesiástica han sido infructuosas.
>
> Siempre fue juicioso y sensible, y el drama de su alma, o los nervios, en cualquier caso parecen ser un misterio. Pero una cosa es cierta, como atestiguamos todos sus amigos, familia y yo misma, su madre: nunca se vio en él evidencia médica o moral que pudiese sugerir el suicidio; al contrario, la serenidad y seriedad de su vida y de sus estudios permitió, de hecho, requirió, que se le considerase únicamente una víctima de la ciencia.
>
> Y de esto no hay mejor testigo que el miembro de la Real Academia de Italia, S. E. Fermi, que fue su mentor y amigo y que

quiere dirigir a Su Excelencia la carta adjunta, como expresión de la estima que tiene por mi hijo.

Tengo entendido que la policía se ha esforzado diligentemente en la búsqueda, desafortunadamente, sin éxito hasta ahora.

Si se me permite una opinión, la búsqueda de mi hijo debería comenzar en el campo, en alguna granja en donde es más sencillo escapar a la vigilancia y búsqueda cuidadosa de la policía, y donde él puede conservar durante bastante tiempo los escasos miles de liras que se llevó.

Pero hasta el momento no ha habido informes, incluso a pesar de que el boletín de búsqueda le señaló por tres veces. En el caso de que mi hijo estuviese en el extranjero, hago saber a Su Excelencia que su pasaporte (n.º 194925) expira en agosto y debe renovarse en un consulado.

Su Excelencia, es una enfermedad ocasionada por sus meritorios estudios, quizá totalmente curable, pero posiblemente destinada a empeorar más allá del remedio si se desatiende; su poderosa intervención puede determinar el destino de esta búsqueda y la vida de un hombre.

Su Excelencia, a quien le adjudicamos las iniciativas más ingeniosas y generosas inspiradas por el entendimiento ilustrado, y coronado por el éxito triunfal, ante usted se arrodilla una madre muy turbada, pero una madre llena de fiel esperanza.

DORINA C. MAJORANA

La carta adjunta de Fermi, con la misma fecha que la anterior, decía lo siguiente:

Duce:

Con referencia a la carta de la familia Majorana que he adjuntado a esta carta, permítame que le describa cuál es, en mi opinión, la posición científica de Ettore Majorana, y cuáles son las perspectivas futuras de su trabajo si, como todos sus colegas tan ansiosamente deseamos, puede retornar a su trabajo para la ciencia italiana.

No tengo la menor duda al decirle, y no exagero, que de entre todos los eruditos investigadores italianos y extranjeros que he conocido, Majorana, por la profundidad de su intelecto, es el que más me ha impresionado.

Capaz de realizar hipótesis arriesgadas y a la vez criticar su propio trabajo y el de los demás, matemático sumamente experto

y profundo, nunca pierde, bajo el velo de figuras y algoritmos, la esencia real del problema físico. Ettore Majorana posee, al máximo nivel, la rara combinación de habilidades que le convierten en un físico teórico de «clase superior». Y, de hecho, en los escasos años en que tuvo la posibilidad de desempeñar su trabajo, se ganó la atención de los científicos de todo el mundo, quienes le reconocieron como una de las más poderosas mentes de nuestro tiempo y como una garantía de que seguirían más descubrimientos decisivos.

Por estas razones, cuando hace algunos meses el trabajo de Majorana le hizo ganar el mayor reconocimiento con su nombramiento como catedrático por méritos excepcionales, la decisión fue unánimemente aplaudida por todas las partes interesadas. Y las posteriores noticias de su desaparición han consternado a todos los que en él ven a alguien que aún tiene mucho que aportar al prestigio de la ciencia italiana.

Estoy seguro de que represento el sentimiento unánime de todos los científicos al expresar el deseo de que la búsqueda pueda conducir pronto a encontrar a Majorana, y a devolverle al afecto de su familia y a su gran trabajo.

Le ruego acepte mi expresión de profunda devoción,

ENRICO FERMI

Nunca se ha sabido qué sucedió realmente.

69
FRITZ HABER, PATRIOTA Y HOMBRE DE HONOR*

La introducción de la agricultura, junto con la ganadería, cambió el modo de vida de los humanos. Aparecieron posibilidades que la vida nómada no hacía factible, pero también surgieron necesidades. En lo que a la agricultura se refiere, la utilización repetida de los mismos terrenos implicó el que se agotasen los nutrientes que precisan las plantas, entre ellos el nitrógeno, uno de los más importantes. Citaré lo que Justus von Liebig escribió en uno de sus libros ya mencionado, en otro capítulo, *Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie*:

> No podemos suponer que una planta pueda llegar a su madurez, incluso en el medio vegetal más rico, sin la presencia de materia que contenga nitrógeno, ya que sabemos que existe nitrógeno en todas las partes de la estructura vegetal. En consecuencia, la primera y más importante pregunta que hay que contestar es: ¿cómo y en qué forma suministra la naturaleza nitrógeno al albumen vegetal, y gluten a frutas y semillas? Como sabemos, las plantas crecen perfectamente en carbón vegetal puro si al mismo tiempo se les suministra agua de lluvia. El agua de lluvia contiene nitrógeno únicamente en dos formas: bien como aire atmosférico disuelto, o como amoníaco, que consiste de ese elemento y de hidrógeno. Ahora bien, el nitrógeno del aire no se puede combinar con ningún elemento excepto con el oxígeno, incluso recurriendo a los medios químicos más poderosos. No tenemos ninguna razón para creer que el nitrógeno de la atmósfera tome parte en los procesos de asimilación de plantas y animales; por el contrario, sabemos que muchas plantas emiten el nitrógeno que absorben sus raíces, bien en forma gaseosa o disuelto en agua. Por otra parte, existen numerosas pruebas que muestran que la formación en plantas de sustancias que contienen nitrógeno, tales como el gluten, tiene lugar en proporción a su cantidad.

Liebig dudaba de que se pudiera utilizar el nitrógeno atmosférico para mejorar las cosechas. Y aunque, en efecto, los vegetales necesitan grandes cantidades de nitrógeno, y el aire contiene cantidades en principio ilimitadas, las plantas no pueden aprovecharlo directamente, salvo las que conviven simbióticamente (sobre todo las leguminosas) con ciertas bacterias capaces de convertir el nitrógeno atmosférico en amoníaco (NH_3). Por eso se necesita recurrir a abonos nitrogenados. Y con el aumento del consumo, asociado al crecimiento de la población mundial, se hizo evidente, en especial a partir de la segunda mitad del siglo XIX, que la disponibilidad futura de abonos naturales constituiría un gran problema. En 1913, Alemania, cuya población había crecido de 25 millones en 1800 a 55 millones en 1900, consumía 200.000 toneladas de nitrógeno al año; de éstas, 110.000 eran importadas (sobre todo, en forma de nitrato) de Chile, aunque también de Perú y Bolivia, empleándose la mayor parte en agricultura intensiva. Pero entre mayo de 1921 y abril de 1922, con una extensión geográfica inferior a la que tenía en 1913, utilizó 290.000 toneladas de nitrógeno, y toda esa cantidad fue producida dentro de su territorio. ¿Cómo fue esto posible?



Fritz Haber.

La combinación directa de nitrógeno e hidrógeno para formar amoníaco, del que las plantas podían extraer el nitrógeno, fue uno de los problemas que los químicos germanos consideraron mucho desde comienzos del siglo XX. Wilhelm Ostwald (1853-1932), uno de los investigadores fundadores de la química-física, fue uno de los que se interesó por el tema. Avanzó mucho con sus trabajos, pero no consiguió culminarlos con éxito por diversas razones, una de ellas la falta de apoyo industrial para desarrollar sus ideas. Fue Fritz Haber (1868-1934) quien logró lo que Ostwald creyó haber conseguido. El éxito del trabajo de Haber, por entonces profesor de Electroquímica en Karlsruhe, se produjo en 1908 cuando sintetizó amoníaco utilizando osmio y uranio como catalizadores, empleando presiones muy elevadas y temperaturas moderadas. El 2 de julio de 1909 hizo una demostración del proceso a Carl Bosch

(1874-1940) y Alwin Mittasch (1869-1953), de la BASF (Badische Anilin-und Soda-Fabrik), en la que obtuvo algunos cientos de gramos de amoníaco líquido. Cuatro años más tarde, y después de que Haber hubiese vendido el proceso a la compañía BASF, Bosch superó todos los obstáculos iniciales y los que aparecieron después al convertir un procedimiento esencialmente académico en uno con el que poder producir amoníaco en cantidades industriales. La contribución de Bosch no debe ser minimizada, como suele ocurrir en las relaciones entre ciencia y tecnología, al dar prioridad a la primera frente a la segunda. Sin sus aportaciones, el proceso no habría podido llegar al estadio industrial. Es por ello justo que la Academia Sueca de Ciencias reconociese su labor concediéndole el Premio Nobel de Química de 1931, compartido con Friedrich Bergius (por la obtención de combustibles líquidos a partir de la hidrogenación del carbón y de aceites pesados), por «sus servicios originando y desarrollando métodos de alta presión», que resultaron decisivos para conseguir la síntesis del amoníaco. Fue el primer Premio Nobel de Química que se otorgó a un trabajo de mejora técnica y avance práctico, con lo que la Fundación Nobel reconocía implícitamente la estrecha relación entre ciencia y tecnología.

La disponibilidad al comienzo de la Primera Guerra Mundial de un proceso de síntesis del amoníaco permitió a Alemania, que no podía abastecerse de abonos naturales, continuar e incluso aumentar su producción agrícola. Pero esta no fue la única contribución de Haber a aquella guerra, pues también se convirtió en «el padre de la guerra química».

Ningún arma conmocionó tanto a la opinión pública mundial durante la Primera Guerra Mundial como la utilización de gases venenosos. En 1914, cuando los militares alemanes se dieron cuenta de que la «guerra relámpago» que habían previsto no tendría lugar, decidieron recurrir a los científicos. Pidieron a Fritz Haber y a otros reputados químicos (entre ellos a Carl Duisberg, uno de los directores de la corporación de tintes Bayer, y al gran químico-físico Walther Nernst) que desarrollaran métodos químicos para utilizar contra las líneas enemigas en el campo de batalla. En octubre y noviembre de 1914, mientras Haber —instalado desde octubre de 1912 en Berlín, como director de un Instituto de Química de la Asociación Káiser Guillermo, además de catedrático de la Universidad de Berlín y miembro de la Academia Prusiana de Ciencias— llevaba a cabo distintos intentos sin éxito, Duisberg y Nernst prepararon diversos tipos de granadas y bombas incendiarias en las instalaciones de la Bayer y comenzaron a estudiar gases irritantes no letales, a los que consideraban como utilizables sin violar los acuerdos de las Convenciones Internacionales de La Haya de 1899 y 1907. En este dominio desarrollaron un proyectil relleno de gas, con el que pretendían hacer inhabitables las líneas enemigas durante un tiempo suficiente como para tomarlas. Los resultados iniciales no fueron satisfactorios, pero Haber encontró una solución en principio simple e ingeniosa: un gas venenoso de cloro, que se lanzaría desde las propias líneas alemanas utilizando contenedores apropiados y aprovechando los vientos adecuados. Haber exploró la posibilidad de licuar el cloro a la temperatura ambiente usando presiones moderadas. Comprimido

en contenedores cilíndricos, podía expulsarse después igual que la gaseosa de un sifón.

El 22 de abril de 1915 se demostró en el frente de batalla que el arma de Haber funcionaba. Ese día, mediante cilindros de acero rellenos de gas dirigidos hacia las posiciones francesas en el saliente de Ypres, se formó una nube de cloro de entre 6 y 10 kilómetros de longitud y de 600 a 900 metros de profundidad. Fue el comienzo de la «guerra química», a la que pronto se sumaron las otras naciones implicadas en la contienda. En 1917, el Instituto de Haber manejaba un presupuesto cincuenta veces superior al que disponía antes de la guerra, con todo un batallón de trabajadores que se ocupaban de ese tema: 1.500 personas, de las que 150 eran científicos. No sorprende, por consiguiente, que el 7 de febrero de 1920 los aliados presentasen una lista de 895 «criminales de guerra», en la que, además de militares (entre ellos comandantes de submarinos), figuraba el capitán y consejero privado del Estado, profesor Fritz Haber. Un año antes, el Comité Nobel le había concedido el Premio Nobel de Química correspondiente a 1918, por su contribución a la síntesis del amoníaco. En su comunicación, la Academia Sueca de Ciencias había calificado la síntesis del amoníaco como «un medio extraordinariamente importante para el desarrollo de la agricultura y el bienestar de la humanidad», y felicitaba al profesor alemán por este «triunfo en el servicio a su país y a la humanidad».

Muchos de los colegas extranjeros de Haber repudiaron su comportamiento durante la guerra, llegando a considerarlo un «criminal de guerra», pero Haber siempre creyó que había hecho lo debido: servir

a su patria. Más personal fue la reacción de su esposa, Clara Immerwahr (1870-1915), una mujer educada, también de ascendencia judía y con quien se había casado en agosto de 1901. Era química y fue la primera mujer en obtener un doctorado, en 1900, en la Universidad de Breslavia, bajo la dirección de Richard Abegg, un buen amigo de Haber. Clara se suicidó el 1 de mayo de 1915. Parece que una de las causas fue el protagonismo de su marido en la guerra química, como revela la carta que Clara envió a Abegg el 25 de abril de 1909, una carta que sin duda podrían haber escrito, antes o después, muchas esposas —aunque no hubieran recibido una educación tan elevada como la de Clara Immerwahr— de científicos distinguidos:

> Lo que Fritz ha ganado en estos ocho años [de matrimonio], eso —e incluso más— es lo que yo he perdido, y lo que queda de mí me llena de la más profunda insatisfacción. Siempre fue mi visión de la vida el que sólo valía la pena vivirla si uno desarrollaba todas sus habilidades para alcanzar la cima y experimentar en la mayor medida posible todo lo que pudiera ofrecer la vida humana. Fue por esta razón, así como también por impulso, por la que yo me decidiese finalmente sobre el matrimonio, pues de no ser así una nueva página en el libro de mi vida y una cuerda de mi alma habrían quedado postradas y estériles. Pero la inspiración que [el matrimonio] me proporcionó duró sólo un tiempo muy corto, e incluso aunque pueda culpar a las circunstancias y a la disposición especial de mi temperamento de una parte de las insuficiencias, la mayor parte se debe a las exigencias opresivas que Fritz hace sobre la casa y sobre el matrimonio, junto al hecho de que cualquier temperamento que no fomente, incluso de manera desconsiderada, sus propios intereses simplemente se verá destruido. Y este es mi caso. Y me pregunto si una inteligencia superior es realmente suficiente para hacer que una persona sea más valiosa que otra, y si una gran parte de mí que se ha ido al diablo porque no llegó al hombre adecuado es realmente menos valiosa que la teoría más importante del estudio de los electrones. [...]

> A todo el mundo se le debería permitir seguir su propio camino, pero en mi opinión, incluso un genio sólo puede justificar el permitirse a sí mismo «mañas» especialmente cultivadas y un soberano desprecio de toda regla de comportamiento —incluso las más cotidianas— si está solo en una isla desierta.

Dejando de lado este tema personal, y volviendo al patriotismo de Haber, encontramos que terminó sirviéndole de poco algunos años después, cuando Adolf Hitler alcanzó el poder en Alemania en 1933. Como he mencionado, Fritz Haber era de ascendencia judía. Tan sólo dos meses después de haber sido nombrado canciller, Hitler comenzó a implementar institucionalmente su ideología racista. El 31 de marzo, se apartó a jueces judíos de sus funciones en Prusia, en concreto por su herencia racial. Una semana después, el 7 de abril, se promulgaba la famosa «*Gesetz zur Wiederherstellung des Berufsbeamtentums*» («Ley de restauración de la carrera del funcionariado»), con la que se pretendía purgar todas las escalas de funcionarios, profesores universitarios incluidos. El parágrafo número 3 se refería a los no arios:

> (1) Serán apartados de sus puestos todos los funcionarios que no sean de origen ario. En lo que se refiere a los funcionarios honorarios, serán apartados de todo tipo de funciones oficiales.
>
> (2) El parágrafo (1) no se aplicará a aquellos funcionarios que lo fuesen el 1 de agosto de 1914, o que luchasen en el frente defendiendo al Imperio alemán o a sus aliados durante la guerra, o cuyos padres o hijos cayesen en la guerra.

Asimismo, se determinaba que se suspendería a «los funcionarios cuyas actividades políticas previas no ofrezcan la seguridad de que apoyarán

invariablemente y sin reserva al Estado nacional». En otras palabras, los funcionarios que no fuesen de ascendencia aria y que hubiesen obtenido su puesto durante la República de Weimar, o cuyas actividades políticas no garantizasen que servirían sin reservas al nuevo régimen, tenían que abandonar sus puestos. En teoría, cómo señalaba el anterior decreto, los no arios que hubiesen logrado sus empleos antes del comienzo de la Primera Guerra Mundial, que hubiesen luchado en el frente durante aquella guerra, o cuyos padres o hijos hubiesen fallecido en acto de servicio, podían conservar su trabajo. En la práctica, sin embargo, también estas personas perdieron sus puestos con bastante rapidez.

Haber formaba parte de las excepciones previstas por aquella ley; sin embargo, él no quiso utilizar tal posibilidad y el 30 de abril dirigía la siguiente carta al ministro para la Ciencia, Arte y Educación:

> Honorable señor:
>
> Por la presente le solicito respetuosamente mi jubilación, con fecha del 1 de octubre de 1933, de mi puesto de director de uno de los Institutos Káiser Guillermo en Prusia, así como de mi secundario puesto de catedrático en la Universidad de Berlín. De acuerdo con las disposiciones de la Ley para Empleados Gubernamentales del 7 de abril de 1933, que se ordenó fuese aplicada a los Institutos de la Asociación Káiser Guillermo, tengo derecho a conservar mi puesto a pesar de ser descendiente de abuelos y padres judíos. Sin embargo, no deseo aprovecharme de este permiso más allá de lo que sea necesario a fin de abandonar de manera ordenada los deberes científicos y administrativos de mis puestos.
>
> Mi solicitud es similar en su contenido a la que han dirigido al presidente de la Asociación Káiser Guillermo los profesores H. Freundlich y M. Polanyi, miembros científicos y directores de división del Instituto Káiser Guillermo de Química Física y Electroquímica. Recomendé que se aceptasen estas solicitudes.
>
> Mi decisión de pedir la jubilación ha surgido del contraste entre

la tradición investigadora en la que he vivido hasta ahora y los puntos de vista diferentes que usted, Sr. ministro, y su ministerio defienden como protagonistas del actual gran movimiento nacional. En mi puesto científico, mi tradición exige que al escoger a mis colaboradores tenga en cuenta únicamente las calificaciones profesionales y personales de los solicitantes, independientemente de sus ascendientes raciales. No esperará usted de un hombre de sesenta y cinco años que altere la forma de pensar que le ha guiado durante los últimos treinta y nueve años de su vida universitaria, y comprenderá que el orgullo con el que ha servido toda su vida a su patria alemana le dicte ahora esta solicitud de jubilación.

Respetuosamente,

F. HABER

Sin duda alguna, fue una carta que honraba a su autor.

Al día siguiente de recibir la carta de Haber, el ministro Bernhard Rust comentó lo siguiente en un acto público:

¡Estudiantes y profesores alemanes!

No culpo en absoluto a aquellos que no son de origen ario por intentar, siguiendo el instinto de su sangre, emplear a instructores y ayudantes que les son más cercanos por sangre. Pero yo no lo puedo permitir. Y cuando un muy conocido profesor del Instituto Káiser Guillermo me escribe ayer diciéndome que él no va a someterse en modo alguno a que se le dicte la composición del grupo de investigación que ha creado, yo debo declarar que no estoy autorizado a no llevar a la práctica las leyes que el pueblo alemán se ha dado a sí mismo a través del Gobierno del Reich. En el futuro, la generación que surja en las universidades debe ser aria, o todo habrá sido inútil. Personalmente simpatizo profundamente con la tragedia de personas que en lo profundo de sí mismas quieren considerarse miembros de la comunidad de personas alemanas, y que han aportado su trabajo a ella. No hay nada más duro para mí que tener que firmar con mi nombre la jubilación de hombres que a menudo, como individuos, no me han dado motivo para hacer tal cosa. Pero se debe mantener el principio en beneficio del futuro. Cuando hayamos establecido una vez más [...] entre los dirigentes y los dirigidos en las

> universidades alemanas la misma relación que existe en el pueblo alemán entre no arios y arios, entonces, señores, no habrá más guerra racial en Alemania. Entiéndanme correctamente: detendremos la guerra de esa manera, porque habremos reestablecido la relación adecuada.

Esta era la auténtica situación en que se encontraban las «excepciones» a la ley del 7 de abril. En cualquier caso, el 15 de septiembre de 1935 se eliminaban semejantes excepciones teóricas. Aquel día se promulgaron los decretos conocidos como «leyes de Nüremberg», que establecían que los judíos eran súbditos carentes de derechos políticos.

Tras abandonar sus puestos en Alemania, Haber se trasladó a Inglaterra, invitado por la Universidad de Cambridge. Aparentemente ni el ambiente ni el clima ayudaron a levantar su estado anímico y energía; falleció el 30 de enero de 1934 cuando se dirigía a Basilea a pasar unas vacaciones.

A instancias del físico y premio nobel Max von Laue, el por entonces presidente de la Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, Max Planck, decidió organizar una sesión pública para honrar la memoria de Haber. El Gobierno y el partido nazi intentaron impedirla, aunque únicamente pudieron prohibir a los funcionarios públicos que asistieran a ella. El acto se celebró en una sala abarrotada, al que asistieron muchas esposas en lugar de sus maridos, obligados a no participar. Otto Hahn pronunció el discurso principal y leyó también el texto del químico Karl Friedrich Bonhoeffer, leal estudiante de Haber, a quien también se le impidió asistir por ser funcionario civil. Al final de la ceremonia, Planck declaró: «Haber fue leal con nosotros; nosotros seremos leales con él». «En aquellos catastróficos tiempos exigía coraje organizar aquella

reunión frente a la oposición del régimen», escribió el historiador de origen alemán Fritz Stern (emigró con su familia judía a Estados Unidos para escapar de los nazis) al citar la manifestación del introductor de los cuantos.

70
MEMORIAS COMPARTIDAS, REPROCHES NO OLVIDADOS: HAHN, MEITNER, SOMMERFELD Y BETHE*

La Segunda Guerra Mundial provocó sufrimientos inenarrables, pero también desencuentros entre viejos colegas y amigos tras la contienda. Así sucedió entre Lise Meitner (austríaca, de origen judío) y Otto Hahn (alemán), por una parte, y entre Hans Bethe (alemán, de origen judío) y Arnold Sommerfeld (alemán), por otra,

Lise Meitner y Otto Hahn

El descubrimiento de la fisión del uranio no se limita a la dimensión científica, por muy importante que sea, sino que intervienen otras de índole personal y política, relativas a las relaciones que Meitner y Hahn mantuvieron entre sí y con la Alemania nazi, y de las que traté en el capítulo 60. Los primeros momentos del régimen nazi hacían sospechar lo que podía producirse, pero aún existían esperanzas, como se trasluce de la carta que Meitner escribió a Hahn —entonces invitado en la Universidad de Cornell, en Estados Unidos— el 21 de marzo de 1933, poco después de que Hitler se hiciera con el poder:

> Querido Otto Hahn:
>
> Ayer llegó tu primera carta del 10 de este mes y un par de días después la que enviaste desde Nueva York. Gracias cordiales por ambas. Me alegra que en conjunto te sientas a gusto en América. […]
>
> Aquí, naturalmente, todos y todo se ve afectado por los radicales cambios políticos. Hoy es la ceremonia de inauguración

del Reichstag en Potsdam. La semana pasada ya recibimos instrucciones de la Asociación Káiser Guillermo para poner la bandera esvástica al lado de la negra-blanca-roja bandera imperial. La Asociación Káiser Guillermo cubre el coste de las banderas.

La esposa del canciller privado Schiemann y Edith [Hahn, la esposa de Otto] estuvieron aquí para escuchar la emisión de radio de la ceremonia de Potsdam. Todo fue amigable y digno. Paul von Hindenburg [presidente de Alemania entre 1925 y 1934, el año de su muerte] dijo unas pocas frases y después dejó que hablase Hitler, que habló con mucha moderación, tacto y de manera personal. Probablemente las cosas continuarán así. Si la sensatez puede prevalecer entre los líderes, entre los que hay que contar sobre todo con [Franz von] Papen [el político que ayudó a que el presidente Hindenburg nombrase a Hitler canciller], entonces existe la esperanza de que al final todo termine bien. Los períodos de transición producen casi inevitablemente, por supuesto, todo tipo de torpezas. Todo depende ahora de la moderación racional.

Seguramente ha sido difícil para Haber tener que izar la bandera esvástica. Me alegró enterarme por casualidad de que él encargó personalmente a Kühn [el superintendente del edificio] que se ocupase de lo referente a izar la nueva bandera.

Los reproches de Meitner a Hahn

Mientras que Lise Meitner tuvo, como vimos (capítulo 60) que emigrar a Suecia, Hahn permaneció en la Alemania nazi, participando en el poco exitoso proyecto atómico germano, y en 1945 recibió el Premio Nobel de Química correspondiente a 1944 por «el descubrimiento de la fisión de núcleos pesados», según especificaba la comunicación oficial de la Academia sueca. Lise Meitner nunca recibió semejante galardón. El 27 de julio de 1945, tras la derrota alemana, Meitner escribía la siguiente carta a Hahn:

Querido Otto:

Tu última carta está fechada el 25 de marzo. Puedes imaginar lo ansiosa que estaba de recibir noticias de todos vosotros. He seguido constantemente los acontecimientos a través de los

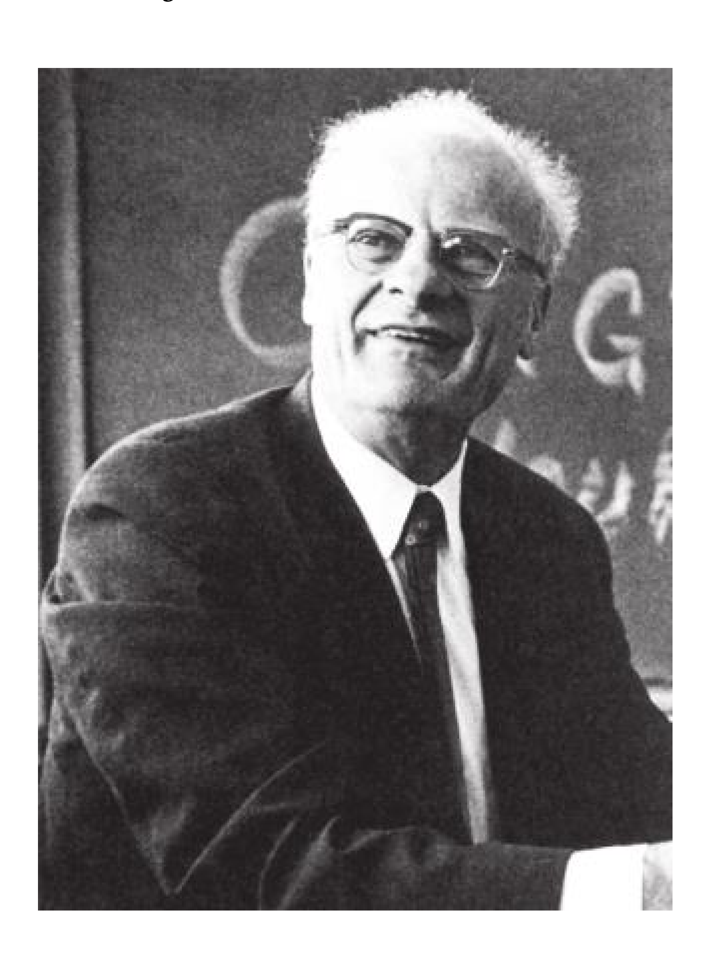
informes de guerra de la prensa inglesa, y creo poder suponer que la zona en la que estáis tú y tu familia y [Max von] Laue fue ocupada sin ninguna lucha. Por consiguiente, deseo con todo mi corazón que ninguno de vosotros haya sufrido personalmente. Naturalmente, será muy difícil para ti ahora, pero esto es inevitable, por supuesto. Por otra parte, estoy muy preocupada por los Planck, ya que en su zona se han producido terribles combates. ¿Sabes algo de ellos y de los amigos de Berlín? Un americano te llevará esta carta. La recogerá pronto, de manera que estoy escribiendo apresuradamente; y, sin embargo, tengo tanto que decir cercano a mi corazón. Por favor, ten en mente esto y, por favor, lee lo que escribo con la seguridad de mi inquebrantable amistad.

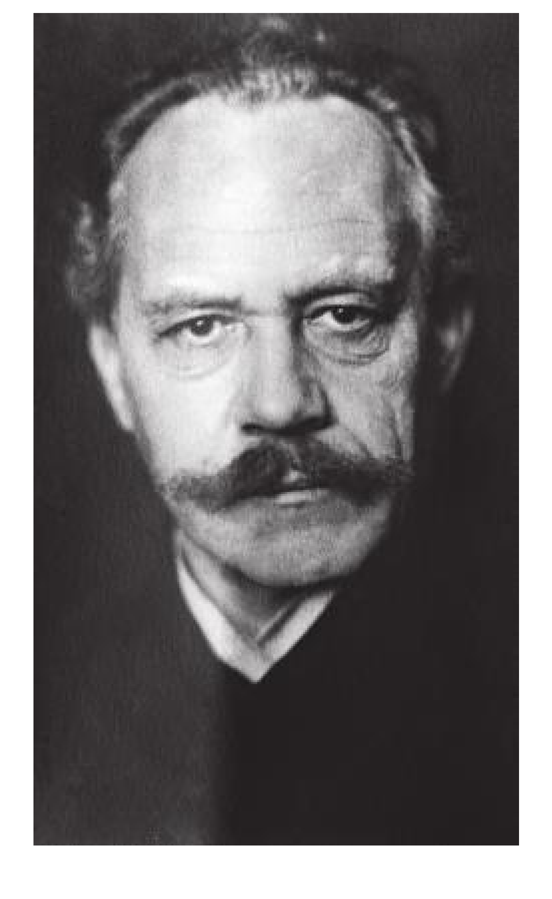
Te he escrito muchas cartas mentalmente durante los últimos meses, porque estaba claro para mí que incluso personas como tú y Laue no os habíais dado cuenta de la situación real. Me he dado cuenta de ello con claridad cuando Laue me escribió con ocasión del fallecimiento [del biólogo Fritz von] Wettstein, afirmando que su muerte constituía también una pérdida en un sentido más amplio, ya que debido a su talento diplomático W[ettstein] podía haber sido muy útil al final de la guerra. ¿Cómo un hombre que nunca objetó los crímenes de los recientes años puede ser útil a Alemania? Esta es, por supuesto, la desgracia de Alemania; el hecho de que todos vosotros habéis perdido la noción de la justicia y de lo correcto. Tú mismo me dijiste en marzo de 1938 que [el químico especializado en la química aplicada a la medicina Philipp H.] Hörlein te había dicho que se estaban haciendo cosas terribles con los judíos. De manera que él sabía de todos los crímenes que se habían planeado y después ejecutado, y a pesar de ello era miembro del partido. Y tú mismo lo considerabas como una persona muy decente —también a pesar de ello— y permitías que influyese en ti con relación a tu comportamiento con tu mejor amigo [seguramente se refería a ella misma].

Todos vosotros también habéis trabajado para la Alemania nazi y nunca habéis intentado una resistencia pasiva. Ciertamente, para engañar a vuestras conciencias de vez en cuando habéis ayudado a alguna persona que lo necesitaba, pero habéis permitido que millones de personas inocentes fuesen exterminadas sin efectuar la menor protesta.

Tengo que escribirte esto por tu propio beneficio y por el de Alemania, que depende totalmente de que comprendáis lo que habéis permitido que suceda. Aquí, en la neutral Suecia, mucho antes del final de la guerra se ha discutido acerca de lo que

debería hacerse con los intelectuales alemanes una vez que finalizase la guerra. ¿Qué es lo que pensarán sobre el particular los ingleses y americanos? Yo, y también muchos otros, piensan que una solución para ti sería que realizases una declaración pública manifestando que eres consciente de que con tu pasividad has adquirido una responsabilidad compartida por lo que ha sucedido y que sientes la necesidad de ayudar a corregirlo, en la medida en que sea posible con algo que ya ha tenido lugar. Pero muchos piensan que es demasiado tarde para esto. Estas personas dicen que has traicionado primero a tus amigos, después a tus compañeros e hijos, permitiendo que pusieran en peligro sus vidas en una guerra criminal, y finalmente que también has traicionado a Alemania, porque ni siquiera luchaste contra la absurda destrucción de Alemania cuando ya no existía ninguna esperanza en la guerra.





Hans Bethe. Arnold Sommerfeld.
© LOC/Science Source/Album© SPL History /Age Fotostock

Esto suena inmisericorde y, no obstante, créeme, es debido a la verdadera amistad por lo que te escribo esto. No puedes realmente esperar que el resto del mundo tenga piedad de Alemania. Las inconcebibles atrocidades en los campos de concentración de las que se ha informado estos días sobrepasan todo lo que habíamos temido. Cuando escucho en la radio inglesa los muy realistas informes de ingleses y americanos sobre [Bergen]-Belsen y Buchenwald, comienzo a llorar y no puedo dormir en toda la noche. Deberías haber visto a las personas que llegan aquí procedentes de estos campos. Alguien debería obligar a hombres como Heisenberg y a muchos otros millones a que vean estos campos y a las personas martirizadas allí. Su aparición [de Heisenberg] en Dinamarca en 1941 no se puede olvidar.

Puede que recuerdes que mientras yo estaba todavía en Alemania (y hoy me doy cuenta de que no sólo fue estúpido, sino

muy injusto por mi parte no haberme ido inmediatamente) a menudo te decía: las cosas no irán mejor en Alemania mientras solamente seamos nosotros los que pasemos noches sin dormir y no ocurra esto con todos. Pero tú no pasabas ninguna noche sin dormir. No querías ver; era demasiado molesto. Podría demostrártelo con muchos ejemplos, pequeños y grandes. Por favor, créeme que todo lo que he escrito aquí es un intento de ayudaros a todos.

Con saludos muy afectuosos para todos. Tuya,

LISE

La amistad que Meitner sentía por Hahn no impidió que le juzgase. Se puede perdonar, pero no olvidar. Hahn, por cierto, nunca hizo la declaración que Meitner le pidió.

Una relación truncada entre maestro y discípulo

Hay otro ejemplo entrañable e incluso conmovedor para mí, a pesar de que esté asociado al recuerdo de un tiempo de marginación y exilio. Es la carta que Hans Bethe, de quien ya he hablado en el Proyecto Manhattan, envió a su antiguo maestro en Múnich, el muy influyente Arnold Sommerfeld (1868-1951). Tras la guerra, Bethe recibió de Sommerfeld una oferta muy tentadora: sucederle en su cátedra de la Universidad de Múnich, uno de los grandes puestos académicos de la física germana. He aquí la respuesta de Bethe a Sommerfeld, fechada el 20 de mayo de 1947:

Me agradó y honró mucho que haya pensado en mí como su sucesor. Si pudiera hacer desaparecer todo lo que ha sucedido desde 1933, estaría muy feliz de aceptar esta oferta. Sería maravilloso regresar al lugar en el que aprendí física de usted, y en donde aprendí a resolver problemas cuidadosamente. Y donde después, como su ayudante y *privatdozent*, tuve lo que probablemente haya sido el período más provechoso de mi vida

científica. Sería maravilloso intentar continuar su obra y enseñar a alumnos de Múnich de la misma forma en que usted lo ha hecho siempre; con usted, uno estaba seguro de conocer siempre los últimos avances de la física, y al mismo tiempo aprender la precisión matemática que tantos físicos teóricos descuidan hoy.

Desgraciadamente, no es posible borrar los últimos catorce años [...]. Para nosotros, los que fuimos expulsados de nuestros puestos en Alemania, no es posible olvidar. Los estudiantes de 1933 no querían aprender física teórica conmigo (y era un grupo numeroso de estudiantes, acaso incluso la mayoría), y aun si los estudiantes de 1947 piensan de otra manera, no puedo fiarme de ellos. Y lo que oigo acerca de la orientación nacionalista que se está despertando de nuevo en muchas universidades, y también en muchos otros alemanes, no es reconfortante.

Acaso más importante que mis recuerdos negativos de Alemania sea mi actitud positiva hacia América. Me parece (ya desde hace muchos años) que me encuentro más a gusto, como en mi casa, en América, de lo que me encontraba entonces en Alemania. Como si sólo por equivocación hubiese nacido en Alemania, y únicamente llegase a mi verdadera patria a la edad de veintiocho años. Los americanos (casi todos ellos) son amigables, no encocorados y reservados, o incluso bruscos, como la mayoría de los alemanes. Aquí es natural entrar en contacto amistoso con todo el mundo. Profesores y estudiantes se comunican entre sí como colegas, sin ningún muro levantado entre ellos artificialmente. El trabajo científico se realiza sobre todo en colaboración, y uno nunca ve competitividad envidiosa entre los científicos. Y políticamente, la mayoría de los profesores y estudiantes son liberales y piensan en el mundo exterior a su país; esto fue para mí una revelación, ya que en Alemania lo normal era ser reaccionario (mucho antes de los nazis) y repetir mecánicamente los *slogans* del Partido Nacional Alemán. En resumen: encuentro mucho más agradable vivir con americanos que con mis contemporáneos alemanes.

Además, América me ha tratado muy bien. Llegué aquí bajo circunstancias que no me permitían ser muy selectivo. En poco tiempo tenía una cátedra, probablemente más rápidamente de lo que hubiera ocurrido en Alemania si Hitler no hubiese aparecido. Se me permitió, siendo un inmigrante bastante reciente, trabajar en laboratorios relacionados con el esfuerzo bélico y en puestos prominentes. Ahora, tras la guerra, Cornell ha construido un nuevo y gran laboratorio de física nuclear, esencialmente «en torno a mí». Y dos o tres de las mejores universidades americanas me han hecho ofertas tentadoras.

No necesito mencionar el lado materialista, no sólo relativo a mi propio salario, sino también el equipo del instituto. Y espero, querido Sommerfeld, que usted comprenderá; que comprenderá que amo a América y que debo a América mucha gratitud (completamente aparte del hecho de que me gusta estar aquí). Que comprenderá las sombras que se interponen entre mí y Alemania. Y, por encima de todo, que comprenderá que a pesar de mi «No» le estoy muy agradecido por haber pensado en mí.

71
RECUERDOS COMPARTIDOS*

Linus Pauling, Robert Millikan y Arnold Sommerfeld

Junto a «desencuentros» como los anteriores, a consecuencia de la Segunda Guerra Mundial, también se reanudaron viejas relaciones personales. Dos interesantes ejemplos son las cartas que el químico Linus Pauling y el físico Robert Millikan enviaron a Arnold Sommerfeld, como hemos visto, una figura capital de la física alemana. Sommerfeld consiguió su primera cátedra en 1897, la de Matemática en la Bergakademie de Clausthal; a ésta le siguió, en 1900, la de Mecánica Aplicada en el Politécnico de Aquisgrán. Posteriormente, en 1906 logró una cátedra de Física Teórica en la Universidad de Múnich, donde transcurrió el resto de su larga carrera científica. Sus contribuciones a la física cuántica fueron numerosas e importantes, pero, al margen de sus aportaciones científicas, Sommerfeld fue, como apunté en el capítulo anterior, un *maestro* (esto es, más que un profesor) extraordinario, y esa cualidad suya constituye un elemento más de su importancia para la historia de la física cuántica. Entre sus estudiantes, doctorandos, *privatdozenten*, ayudantes e investigadores asociados se encuentran nombres tan destacados para la historia de la física como Peter Debye, Ludwig Hopf, Max von Laue, Rudolf Seeliger, Wilhelm Lenz, Walter Friedrich, Peter P. Ewald, Léon Brillouin, Alfred Landé, Paul Epstein, Walther Kossel, Gregor Wentzel, Wolfang Pauli, Werner Heisenberg, Otto Laporte, Karl F. Herzfeld, Adalbert Rubinowicz,

Miguel Catalán, Walter Heitler, Albrecht Unsöld, Rudolf Peierls, Hans Bethe, Linus Pauling, Carl Eckart, William V. Houston, Edwin Kemble, Isidor Rabi, Edward U. Condon, Philip M. Morse y Herbert Fröhlich.

La primera de las cartas que he mencionado la envió Linus Pauling desde Pasadena (California) el 6 de noviembre de 1945. Pauling, de quien hablaré más en otro capítulo, había ampliado estudios en Múnich junto a Sommerfeld en 1926-1927:

> Querido profesor Sommerfeld:
>
> Ha representado para mí una gran felicidad saber a través de un amigo que usted y la Sra. Sommerfeld están bien. Durante los pasados años hemos pensado a menudo en usted y esperamos verle de nuevo antes de que hayan transcurrido muchos años.
>
> Ahora que la guerra ha finalizado, estamos reanudando nuestros trabajos en los campos fundamentales de la ciencia. He llegado a interesarme profundamente en los problemas de la biología y la medicina, y estoy trabajando en la aplicación de los métodos e ideas de la química y la física en estos problemas. Durante varios años he estado investigando en inmunología.
>
> Nuestro hijo mayor, Linus jr., ha estado dos años en las Fuerzas Aéreas. Ahora es operador de radio en un transporte. Nuestros tres hijos más jóvenes están bien, y también lo está mi esposa. Yo tuve hace cuatro años un fuerte ataque de nefritis, pero mi salud ha mejorado continuamente; el único tratamiento que se necesita es una dieta baja en proteínas.
>
> Cuando mi mujer y yo escuchamos el domingo un trío de Beethoven, pensamos inmediatamente en cuando, hace dieciséis años, usted, Roscoe Dickinson y Ralph Day ejecutaron la misma pieza [lo hicieron durante una estancia de Sommerfeld en Pasadena]. Me entristece decir que Dickinson falleció hace tres meses de cáncer. Otros miembros de nuestro equipo están en buen estado de salud.
>
> Sinceramente,
>
> LINUS PAULING

Sommerfeld respondió a Pauling en términos

igualmente cordiales en una carta no datada:

> Querido Pauling:
>
> Me he alegrado de corazón con su carta. Salude de mi parte a su querida esposa. Le felicito por las cuatro cabezas bien amuebladas [Pauling tenía cuatro hijos].
>
> A pesar de la guerra, sus trabajos químico-biológicos también han encontrado eco en Alemania. Una nueva revista de investigación científica, que debería sustituir a las muchas editoriales destruidas, lleva en su número 1 artículos sobre ocho de sus trabajos. He oído que el Dr. Robertson, de Princeton, ha encargado 150 ejemplares de la revista para EE. UU.
>
> Ahora estoy ocupado revisando mi conferencia de Múnich para su impresión. ¿Permitirá mi elevada edad y la condición económica alemana ejecutar esos planes?
>
> La madre de [Paul Peter] Ewald, de edad muy avanzada, vive con su hijo en Belfast. Mis hijos han salido sanos y salvos de la guerra. Mi hija está en Partenkirchen con cuyo párroco se ha casado y tiene cinco niños.
>
> Su fiel [Arnold Sommerfeld]

Paul Peter Ewald (1888-1985) era un notable físico alemán especializado en cristalografía, que llegó incluso a ser rector de la Universidad de Stuttgart en 1932, pero que debido a presiones políticas decidió abandonar Alemania en 1937, junto a su madre, la pintora Clara Ewald. Se instaló en Inglaterra, primero en Cambridge y luego, en 1939, en la Queen's University de Belfast, donde se convirtió en catedrático de Física Matemática.

La siguiente carta que citaré la escribió el 26 de noviembre de 1948 Robert A. Millikan (1868-1953), un físico poderoso y muy influyente del California Institute of Technology y Premio Nobel de Física en 1923. Decía lo siguiente:

> Querido Dr. Sommerfeld:

Desde que recibí la adorable carta de felicitación de la Bayerische Academie der Wissenschaften con ocasión de mi ochenta cumpleaños, he tenido la «corazonada» de que esto debe haber sido promovido por usted, y ello me ha hecho apreciarlo mucho más que cualquier otra cosa que pudiera haberse hecho.

Ahora es mi turno para felicitarle a usted por su ochenta cumpleaños, que he buscado y encontrado que llegará el 5 de diciembre de 1948. Aunque yo mismo soy emérito desde 1946, he estado lo suficientemente despierto como para ser consciente de que su cerebro y pluma están todavía tan activos como siempre y que desde la guerra ha sacado un libro y otros nuevos escritos de la misma extraordinaria calidad que había demostrado durante la Primera Guerra Mundial, momento en el que puso todo el desarrollo de la física moderna en forma de compendio en su asombroso libro «Atombau und Spectrallinien». En ese maravilloso libro no reunió meramente toda nuestra recientemente desarrollada física, sino que, mediante su análisis del origen de los dobletes, tripletes, etc., de una forma que no se había comprendido antes de la aparición de ese libro, añadió mucho a lo que cualquiera había hecho en esa época. Es un trabajo sobresaliente que debería haberle aportado hace mucho tiempo el Premio Nobel.

Los dos inviernos que usted pasó con nosotros aquí, en el California Institute [1923 y 1929], serán memorables durante largo tiempo en esta institución, por su contribución a su desarrollo como un centro de investigación en física de alguna importancia. Desearía que pudiera estar aquí de nuevo y participar en nuestras discusiones, como hizo en aquellos memorables años. Su fotografía todavía cuelga en la pared de la sala de conferencias del Laboratorio Bridge, en la que todos nosotros obtuvimos tanto de su liderazgo.

Todavía lo veo, además, tal como lo vi en Gotinga en la primavera de 1896, cuando era ayudante de [Felix] Klein, siempre llevando su pequeña cartera cuando entraba y salía de las clases en Gotinga, en la que yo asistía a las clases de [Woldemar] Voig, Klein y [Walther] Nernst. ¡Cómo ha naufragado este viejo mundo desde entonces! Cuándo, si es que alguna vez, volverá un tiempo en el que vivamos en una decente paz «en el regazo de los dioses». En cualquier caso, estoy agradecido de que usted y yo hayamos vivido a lo largo de este período de extraordinario cambio y hayamos aportado algo a algunos de los *avances* reales, porque no *todo* ha sido retroceso, aunque en muchos aspectos hayamos retrocedido. Esperemos que los años venideros asistan de nuevo a movimientos en favor de las relaciones

internacionales.

Con muy sentidas felicitaciones cuando cruza el umbral de cuatro años de prueba. Que se mantenga tan bien y útil en los años inmediatos como en los años que deja atrás. Algunos de mis mejores momentos fueron los que pasé con usted y su buena esposa en Múnich en 1931.

Cordialmente suyo.

Sommerfeld había sido, efectivamente, ayudante de Felix Klein. En 1895, Klein, ya entonces uno de los puntales de la matemática de la Universidad de Gotinga, además de figura cada vez más influyente en la ciencia germana, le aceptó como tal. Con Klein, Sommerfeld escribió una obra matemática monumental (más de mil páginas): *Theorie des Kreisels* (*Teoría de la peonza*, 1897-1910). En cuanto al libro que mencionaba Millikan, *Atombau und Spektrallinien* (*Estructura atómica y líneas espectrales*, 1919), fue la biblia de los espectroscopistas y de la vieja teoría cuántica, una obra que vio varias ediciones y que fue traducida al inglés y al francés.

72

LA DENOMINACIÓN DE NUEVAS ENTIDADES CIENTÍFICAS*

La ciencia avanza de forma constante, y al descubrir entidades o propiedades antes desconocidas, ineludiblemente hay que nombrarlas, crear nombres para ellas. Todos los idiomas, al menos los que no se han quedado enquistados en pasados lejanos y ajenos a la ciencia, conservan en sus léxicos, actuales o históricos, huellas de estos procesos, así como de la influencia de otras lenguas. En el caso del castellano, además de helenismos y latinismos, encontramos arabismos como álgebra, alcohol o algoritmo; galicismos del tipo de bayoneta u ordenador; germanismos como obús o zepelín, y anglicismos del tipo de vagón, espín o láser, por no hablar de las voces derivadas de nombres propios (voltio y voltaje, galvanismo y galvanizar, darwinismo…).

Hasta las primeras décadas del siglo XX, en la ciencia persistió con fuerza la tradición de construir neologismos sobre raíces griegas, uno de cuyos atractivos era la facilidad para recogerlos en las lenguas occidentales, así como la neutralidad que transmitían con respecto al significado de los fenómenos expresados en tales términos. Así, en el tercer tomo de sus *Principles of Geology* (1833), Charles Lyell propuso dividir el Terciario en tres series: el Eoceno (del griego *eos*, ‘aurora’, ‘comienzo’, y *kainós*, ‘reciente’), Mioceno (de *meios*, ‘menos’, ‘reciente’) y Plioceno (de *pleios*, ‘más’, ‘reciente’), nomenclaturas que aún persisten. Los nombres que se asignaron a las primeras partículas elementales descubiertas fueron:

«electrón», que significa ‘unidad de electricidad’; «protón», de la raíz griega que significa ‘primero’; «neutrón», ‘partícula neutra’, y «neutrino», ‘pequeño neutrón’ (como éste, no lleva carga). Sin embargo, esta tradición se ha debilitado tanto que casi ha desaparecido bajo el espíritu posmodernista que anima a dejar la huella personal en las actividades y actuaciones humanas. Un buen ejemplo de ello son los «quarks» de la física, con sus variados tipos de «colores» y «sabores», terminología introducida por el físico Murray Gell-Mann, y que no responde en absoluto a los colores o sabores tal y como se entienden normalmente.

En las correspondencias entre científicos también aparece la preocupación por inventar nuevos términos; aquí presentaré dos. El primero implica a Michael Faraday, explorador y descubridor de nuevos mundos científicos, tanto en la química como en el electromagnetismo, con quien ya nos encontramos en otros capítulos. Las dos cartas que cito a continuación abordan algunos problemas de nomenclatura que surgieron en el segundo campo, el del electromagnetismo. La primera se debe al propio Faraday, quien el 24 de abril de 1834 se dirigió al filósofo, científico y teólogo William Whewell (1794-1866) explicándole que quería «algunos nuevos nombres para expresar mis hechos en la ciencia de la Electricidad», y que, siguiendo el consejo de su médico, Whitlock Nicholl, a «un cuerpo que se descompone mediante el paso de una corriente eléctrica» lo llamaría «*electrolyte* [electrolito]» y que en lugar de decir que el agua «se descompone electroquímicamente, diría que está *electrolizada*». Faraday estaba satisfecho con estos términos, pero no

así «con otros dos que he utilizado hasta ahora. Me es esencial poder referirme a las dos superficies de un cuerpo descomponible, a través de las cuales entra y sale la electricidad, sin referirme al mismo tiempo a los electrodos». Él había «utilizado los términos *eisode* y *exode*» para esas superficies (o «polos»).

El día siguiente, el 25 de abril (esto demuestra el buen funcionamiento del servicio postal en Inglaterra), Whewell, un hombre bien formado en el estudio de los clásicos griegos y latinos y en la estructura y léxicos de estas lenguas, respondía desde el Trinity College de Cambridge, del que era *master*:

> Mi querido señor:
>
> Me alegré por varias razones al recibir su carta. Tuve el placer de estar presente en la R. S. [Royal Society] en la lectura de su artículo, en el que introdujo algunos de los términos que menciona, y me alegró mucho conocerlos, porque vi, o pensé que vi, que estas novedades han sido forzadas en usted por el alcance de la novedad y por las nuevas relaciones que aparecen en sus ideas. En casos en los que operan semejantes motivos surgen inevitablemente nuevos términos, y es muy afortunado cuando aquellos, a los que incumbe su introducción, miran tan cuidadosamente como hace usted hacia el comportamiento general y las perspectivas futuras del tema; y es una ventaja adicional cuando esos términos hacen gracia a los filólogos, en tanto que eviten grandes incongruencias en el idioma. Estoy muy satisfecho con la mayoría de los términos que usted menciona; y estaré contento y agradecido de poder ayudarle a liberarlos de falsas suposiciones e implicaciones, así como de monstruosidades filológicas.
>
> He considerado los dos términos que quiere para sustituir a *eisode* y *exode*, y en conjunto estoy dispuesto a recomendar en su lugar *anode* [ánodo] y *cathode* [cátodo]. Estas palabras pueden significar *eastern* y *western way*, al igual que los compuestos más largos que menciona que derivan su significado de palabras que implican *rising* [elevándose] y *setting* [poniéndose], nociones que de manera más sencilla implican ánodo y cátodo.

Las recomendaciones de Whewell tuvieron éxito y se incorporaron al léxico de la ciencia, además de alcanzar el arraigo suficiente como para dar origen en algún caso a nuevos términos, como el de «rayos *catódicos*».

William Bateson y el término «genética»

Mi segundo ejemplo se refiere a la palabra «genética». Hemos visto en capítulos anteriores que los trabajos de Mendel con guisantes implicaban que existían «unidades discretas» de algún tipo responsables de la transmisión de caracteres biológicos de una generación a la siguiente. Cierto es que se trataba de vida vegetal, pero tan vida es ésta como la animal, y era natural preguntarse si los resultados del monje agustino podían extrapolarse a animales, incluidos los humanos. El médico inglés Archibal Edward Garrod (1857-1936) fue el primero en dar respuesta a estas preguntas, relacionando un desorden humano con las leyes mendelianas de la herencia.

Garrod era médico del Hospital de Niños Enfermos y del St. Bartholomew, ambos de Londres. En 1896, se interesó por pacientes con un trastorno raro pero poco dañino conocido como alcaptonuria, cuya manifestación más llamativa es el oscurecimiento de la orina tras su exposición al aire. Después de una serie de estudios concluyó que el trastorno era de naturaleza congénita, esto es, que se heredaba de los progenitores, y no resultado de una infección bacteriana, como hasta entonces se pensaba. Publicó sus resultados en varios artículos, el más conocido y ambicioso de ellos en la revista médica *Lancet* en 1902: «The incidence of alkaptonuria: a study in

chemical individuality» («La incidencia de la alcaptonuria: un estudio de individualidad química»). El título ya indica que su autor pensaba que el causante de la enfermedad que había estudiado era algún tipo de «carácter individual» —«individualidad química», lo denominaba él— que permitía recordar a los «conjuntos de determinantes hereditarios mendelianos». Sin embargo, no existían términos que expresasen esta idea. Y en este punto aparece William Bateson (1861-1926).

Tras licenciarse en la Universidad de Cambridge en 1882, Bateson amplió estudios en Estados Unidos, donde se interesó por los problemas relacionados con la evolución de las especies. Antes incluso de que se redescubriese el trabajo de Mendel, decidió que no evolucionan de manera continua, sino «a saltos». Instalado de nuevo en su patria como catedrático en Cambridge, Bateson conoció los trabajos de Garrod y los interpretó con la ayuda de la teoría mendeliana, esto es, con base en caracteres dominantes y recesivos. En 1909 publicó un libro dedicado a una audiencia más amplia titulado *Mendel's Principles of Heredity. A Defence* (*Principios mendelianos de la herencia. Una defensa*), obra que comienza con las siguientes palabras: «El objeto de este libro es dar una sucinta explicación de los descubrimientos relativos a la herencia realizados aplicando los métodos de investigación de Mendel».

Poco a poco, al mismo tiempo que se consolidaban las ideas de Mendel, surgió un problema lexicográfico: que al hablar de ese tema se utilizaba la expresión «herencia y variación». Consciente de lo engorroso de esta manera de hablar, Bateson acuñó la expresión *genetics* (genética), término que utilizó por

primera vez en una carta que envió al profesor de la Universidad de Cambridge Adam Sedgwick el 18 de abril de 1905:

> Querido Sedgwick:
>
> Si el Fondo Quick [un legado que había recibido la Universidad de Cambridge] se utilizase para establecer una cátedra relacionada con la herencia y la variación, el mejor título sería, pienso, «La cátedra Quick para el estudio de la herencia». Ninguna palabra de las que se utilizan comúnmente tiene este significado. Se necesita desesperadamente tal palabra, y si fuera deseable acuñar una, podría ser «GENÉTICA» [*Genetics*]. Semejante expresión incluye claramente variación y los fenómenos relacionados.

Para el público, la primera vez que apareció impresa la palabra *genetics* fue en la conferencia inaugural que, como presidente de la Royal Horticultural Society, pronunció Bateson en 1906, en la Tercera Conferencia Internacional sobre Genética:

> Al igual que otros nuevos útiles, nos hemos visto obligados a adoptar una terminología, que, a pesar de que puede asustar algo al novicio, es tan necesaria para los profesionales que debe ser aceptada. Pero, aunque estos atributos de la actividad científica son evidentes, la ciencia en sí es innominada, y únicamente podemos describir nuestros objetivos mediante engorrosas y a menudo equívocas perífrasis. Para enfrentarse a esta dificultad, sugiero que se considere en este Congreso el término *genética* [*genetics*], que indica con suficiencia que nuestros esfuerzos están dirigidos a investigar los fenómenos de la herencia y la variación; en otras palabras, a la fisiología del *Descent* [probablemente se refería al libro de Darwin, *The Descent of Man* (1871)], lo que implica tratar de problemas teóricos de la evolución y de la sistemática, al igual que de la aplicación a problemas prácticos de los criadores, ya sean de animales o de plantas.

No fue este el único término que Bateson acuñó;

también se le deben «alelo», «heterocigoto» y «homocigoto».

73
EL DESCUBRIMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL ADN CONTADO POR CRICK A SU HIJO*

La genética, iniciada en el siglo XIX con los trabajos de Mendel, continuó desarrollándose a lo largo de la primera mitad del siglo XX, pero no alcanzó lo que se podría denominar su «mayoría de edad» hasta que en 1953 se descubrió la estructura del ácido desoxirribonucleico, más conocido por sus siglas, ADN, la molécula que transmite la herencia genética. Este hallazgo dio origen a una auténtica revolución científica y constituye uno de los grandes momentos de la historia de la ciencia.

La estructura del ADN está constituida por dos cadenas helicoidales entrelazadas (la famosa doble hélice), cada una con un «esqueleto» formado por dos filamentos de glúcidos y fosfatos, colocados de manera alterna en cada una. Ligadas al glúcido se encuentran cuatro tipos de bases nitrogenadas (combinación de nitrógeno, hidrógeno y oxígeno): adenina (A), citosina (C), guanina (G) o timina (T); las dos hélices están conectadas mediante enlaces de hidrogeno entre las bases. Estas bases, dos púricas (A y G) y dos pirimidínicas (C y T), forman secuencias determinadas sobre cada hélice, pero de tal manera —según exigen las leyes de Chargaff— que la T de una cadena se asocie a la A de la otra, y la G a la C. Cualquier otro emparejamiento está prohibido. Semejante estructura sugiere inmediatamente un posible mecanismo celular reproductivo: en un momento dado de la vida de una célula, la doble hélice se escinde en dos hélices sencillas, que, al captar en el medio en que se

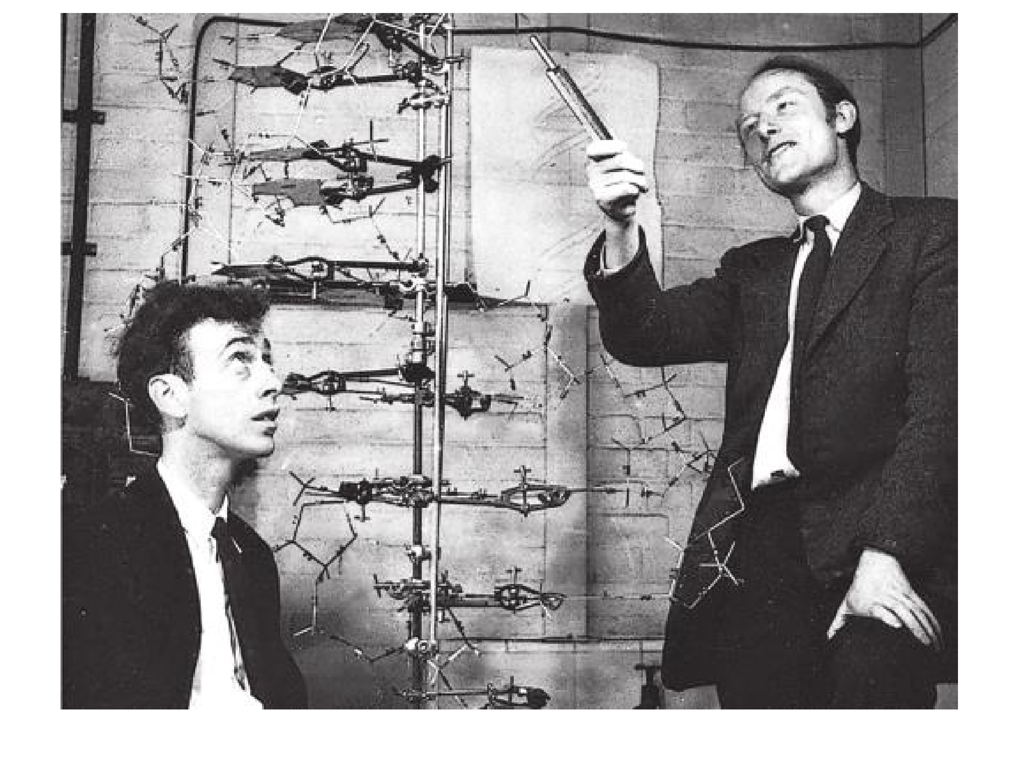
encuentran los elementos químicos necesarios, reconstruyen la doble hélice de una forma, en principio, perfectamente fiel, con un emparejamiento de las bases de acuerdo con la ley de Chargaff.

Los autores de este descubrimiento, realizado en el Laboratorio Cavendish de Cambridge, fueron el físico inglés, Francis Crick (1916-2004), y un joven biólogo estadounidense que ampliaba estudios en Inglaterra, James Watson (n. 1928). El 25 de abril de 1953, Watson y Crick (el orden de aparición de los nombres en el artículo lo determinaron por sorteo) publicaron su propuesta en una escueta nota (poco más de una página) en la revista *Nature*. Se titulaba «Molecular structure of nucleic acids. A structure for deoxyribose nucleic acid» («Estructura molecular de los ácidos nucleicos. Una estructura para el ácido desoxirribonucleico»). En él incluían una frase, que sería famosa, relativa al mecanismo de la herencia al que he aludido: «No se nos escapa que el emparejamiento específico que hemos postulado sugiere de inmediato un posible mecanismo de copia para el material genético». Poco más de un mes después, en el número del 30 de mayo de *Nature*, Watson y Crick publicaron un artículo algo más extenso: «Genetical implications of the structure of deoxyribonucleic acid» («Implicaciones genéticas de la estructura del ácido desoxirribonucleico»), en el que ahondaban más en los posibles mecanismos hereditarios.

Antes de que el artículo del 25 de abril apareciese en *Nature*, otro de los biólogos del Cavendish, Max Perutz, un austríaco que llevaba años en Inglaterra y que trataba de desentrañar la estructura de la

hemoglobina, informaba del logro a Harold Himsworth, *professor* de Medicina en la Universidad de Londres y secretario del Medical Research Council, en una carta fechada el 6 de abril:

> Le escribo para informarle de que en esta unidad Watson y Crick han encontrado la estructura del ácido nucleico que está en concordancia con los datos químicos y de rayos X. El rasgo más atractivo de esta estructura es que sugiere un posible mecanismo de duplicación del material genético durante la división celular.
>
> La estructura es la del ácido desoxirribonucleico (ADN), que es la variedad que se encuentra en los cromosomas. Consiste en dos cadenas moleculares entrelazadas entre sí, formando una hélice regular. Si se representa, las bases purina y pirimidina forman el pilar central que soporta la estructura, los anillos constituyen los escalones y los residuos de ácido fosfórico proporcionan las barandillas exteriores. Las dos cadenas se mantienen juntas por enlaces específicos entre ciertas bases purinas en una cadena, con bases pirimidina en la segunda cadena.
>
> Una molécula de ADN puede consistir en varios cientos de miles de «nucleótidos» unidos en una cadena. Cada nucleótido está formado por una base de azúcar y un residuo de ácido fosfórico. El azúcar y el ácido son los mismos en todos los nucleótidos, pero hay cuatro bases diferentes, y ahora se cree que la secuencia de estas cuatro bases a lo largo de la cadena constituye el código que caracteriza un gen concreto. El rasgo más bello de la estructura de Watson y Crick es que sugiere un mecanismo mediante el cual este código se puede reproducir a sí mismo.



James Watson y Francis Crick con un modelo de ADN (Cambridge, 1953).

Y después de explicar cómo podía suceder esto, pasaba a comentar algunos detalles del trabajo de Watson y Crick:

> La estructura la construyeron Watson y Crick basándose en argumentos estereoquímicos y genéticos. También utilizaron datos de rayos X publicados por William T. Astbury, y de la unidad del MRC del King's College de Londres, más una cierta cantidad de datos de rayos X no publicados que habían visto, o de los que habían sabido, en el King's. Todos estos datos de rayos X eran, o bien pobres, o referidos a un tipo diferente de estructura, y aunque indicaban ciertos rasgos generales de la estructura del ADN, no proporcionaban una guía para su carácter detallado.
>
> Mientras Watson y Crick estaban construyendo su estructura aquí, Miss [Rosalind] Franklin y [Raymond] Gosling en King's obtuvieron imágenes nuevas y muy detalladas del ADN. Watson y Crick sólo supieron de esta fotografía cuando enviaron el primer

borrador de su artículo al King's, pero ahora parece que esta nueva fotografía confirma los importantes rasgos de su estructura. De hecho, si no se hubiese encontrado la estructura, probablemente la fotografía habría conducido a Miss Franklin y Gosling a construir el mismo modelo; aunque es difícil saber si habrían llegado a descubrir las ingeniosas relaciones geométricas y químicas entre las dos cadenas complementarias que llevaron a Watson y Crick a la solución del problema.

Creo que este descubrimiento proporcionará un gran estímulo a la interpretación química y estructural de la genética. Personalmente, también estoy muy contento porque este descubrimiento justifica el continuo apoyo del Council a Crick, a pesar de los fracasos y trastornos iniciales.

La estructura y los datos de rayos X que la apoyan se publicarán en forma de tres cartas en *Nature*, una desde aquí y dos desde el King's. Sin embargo, para apreciar la belleza de la idea uno tiene que ver los modelos. Me pregunto si le gustaría a usted venir aquí y verlos; Watson y Crick estarían encantados de mostrárselos. Yo estaré en Londres el viernes 17 de abril y de nuevo el 20, y podría enseñarle algunas imágenes y modelos, si usted estuviera libre.

Más interesante, por lo infrecuente de este tipo de documentos y la sencillez de las explicaciones, es la carta que Francis Crick envió el 15 de marzo de 1953 (más de un mes antes de la publicación del artículo en *Nature*) a su hijo Michael, de trece años, que estaba con gripe internado en su escuela:

Mi querido Michael:

Jim Watson y yo hemos hecho probablemente un descubrimiento muy importante. Hemos construido un modelo para la estructura del ácido desoxirribonucleico (léelo con cuidado), abreviado ADN. Recordarás que los genes de los cromosomas —que transportan los factores de la herencia— están formados por proteínas y ADN.

Nuestra estructura es muy bella. Se puede pensar en el ADN aproximadamente como una cadena muy larga con puntas planas que salen de ella. Las puntas planas se llaman «bases».

A continuación, Crick esbozaba, utilizando

también un dibujo, la estructura del ADN y añadía:

> Creemos que el ADN es un código. Esto es, el orden de las bases (las letras) hace a un gen diferente de otro gen (al igual que una página impresa es diferente de otra). Ahora puedes ver cómo la naturaleza *hace copias de los genes*. Porque si se desenrolla en dos cadenas separadas, y si cada cadena hace que se le una otra cadena, entonces como A siempre va con T, y G con C, obtendremos dos copias donde antes había una.
>
> En otras palabras, pensamos que hemos encontrado el mecanismo básico de copiado mediante el cual la vida procede de la vida. La belleza de nuestro modelo es que su forma es tal que *solamente* estos pares se pueden unir, aunque podrían emparejarse de otras maneras si flotaran libremente. Puedes comprender que estemos muy excitados. Tenemos que enviar una carta a *Nature* dentro de un día o así. Lee esto con cuidado de forma que lo comprendas. Cuando vengas a casa te mostraré el modelo.
>
> Con mucho amor,
>
> PAPÁ

La carta manuscrita de Crick ocupaba siete páginas. El 10 de abril de 2013 fue subastada en Christie’s de Nueva York y adquirida por 6.059.750 dólares.

74
OPINIÓN DE LINUS PAULING SOBRE EL PREMIO NOBEL A WATSON Y CRICK*

Los Premios Nobel son un galardón muy prestigioso y codiciado. Constituyen algo así como la «cumbre de una carrera», tanto en física, química, medicina o fisiología como en economía y literatura; el de la Paz es otra cosa. Los procedimientos, las recomendaciones y demás informes que conducen a decidir a quiénes otorgar los premios son variados y poco transparentes, especialmente las discusiones e informes dentro de las respectivas Academias suecas. En este capítulo ofrezco algunos datos, sin duda parciales, sobre el Premio Nobel de Medicina o Fisiología que recibieron en 1962 James Watson, Francis Crick y Maurice Wilkins (1916-2004), mientras que Max Perutz y John Kendrew recibieron el de Química.

Hacía tiempo que era previsible que las investigaciones de estos cinco investigadores fueran premiadas con el Nobel, algo que no sorprende. Así lo demuestran dos cartas de un químico extraordinario, Linus Pauling (1901-1994), sobre el que volveré con más detalle en el siguiente capítulo. La primera está fechada el 15 de diciembre de 1959; es una respuesta de Pauling a otra de William Lawrence Bragg, en la que le preguntaba su opinión sobre la concesión del Premio Nobel de Química por aquellos trabajos:

> Querido Bragg:
>
> He estado considerando con mucho gusto el asunto planteado en su carta del 9 de diciembre.
>
> Con respecto a Perutz y Kendrew, debo decir que la nominación para un Premio Nobel me parece prematura. El trabajo está

adquiriendo más y más relevancia, pero los artículos más significativos aún no se han publicado. Incluso después de su publicación tendrá que pasar algún tiempo antes de que se pueda conseguir evaluarlos. Espero con interés la publicación de los artículos que menciona en el resumen de sus trabajos.

El trabajo de Watson y Crick pertenece a una categoría diferente, y estaría dispuesto a escribir una carta de recomendación para su nominación a un Premio Nobel. Sin embargo, me parece que su trabajo constituye una contribución al campo de la biología, más que a la química, y creo que sería apropiado que se les concediese un Premio Nobel de Medicina o Fisiología, en lugar de un Premio Nobel de Química.

Con respecto a la difracción de rayos X y la química, tengo una propuesta que hacerle, y me gustaría conocer su opinión sobre ella. Me gustaría proponer a Dorothy Hodgkin y J. M. Bijvoet para un Premio Nobel de Química, que se divida entre ellos. El premio sería por la utilización que han hecho de la difracción de rayos X en la resolución de problemas químicos, la determinación de la estructura de la penicilina y cobalamina, en el caso de Dorothy Hodgkin, y la determinación correcta de las configuraciones de moléculas asimétricas, en el caso de Bijvoet. ¿Apoyaría usted esta propuesta?

La segunda carta la dirigió Pauling al Comité Nobel para Química (con copia a Bragg), el 15 de marzo de 1960:

Señores:

El profesor sir William Bragg me ha enviado una copia de su nominación de J. D. Watson, F. H. C. Crick y M. H. F. Wilkins para el Premio Nobel de Química correspondiente a 1960, por sus trabajos sobre la estructura del ácido desoxirribonucleico, y ha sugerido que exprese mi opinión.

La doble hélice con un enlace de hidrógeno para el ADN, propuesta por Watson y Crick, ha ejercido una influencia muy grande en el pensamiento de los genéticos y otros biólogos, y creo que su idea es valiosa. Mi opinión es que existen pocas dudas de que las moléculas de ácido nucleico tienen una estructura complementaria parecida en su naturaleza general a la propuesta por Watson y Crick, y que la complementariedad está determinada por la formación de enlaces de hidrógeno. Sin embargo, pienso que la naturaleza detallada de la estructura del

ADN es todavía incierta en alguna medida, mientras que las cadenas polipeptídicas de las proteínas son ahora ciertas.

La primera estructura detallada propuesta para los ácidos nucleicos era una estructura en triple hélice, con enlaces de hidrógeno entre los grupos fosfatados en lugar de entre las bases nitrogenadas. Esta estructura fue propuesta por el profesor Robert B. Corey y por mí en *Proceedings of the U.S. National Academy of Sciences* 39 (1953, pp. 84-87). Watson y Crick dispusieron de este manuscrito antes de su publicación y puede que haya estimulado hasta cierto punto la formulación de su estructura en doble hélice, al igual que las fotografías de rayos X de Wilkins.

La estructura detallada propuesta por Watson y Crick ha sido revisada algo por Wilkins. Además, Corey y yo hemos señalado que es probable que la citosina y guanina formen enlaces con tres hidrógenos, en lugar de dos como proponen Watson y Crick.

Y tras unas líneas con algunos comentarios y precisiones sobre la aportación de Watson y Crick, proseguía:

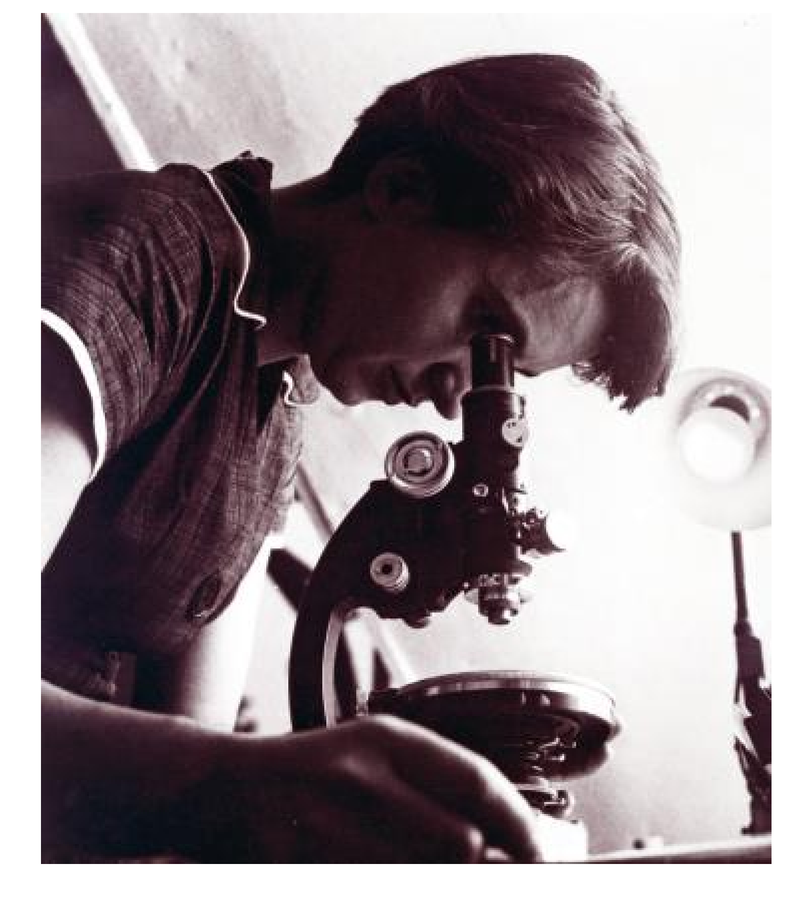
Opino que el conocimiento actual de la estructura de las cadenas polipeptídicas en proteínas es tal que justifica la concesión del Premio Nobel en este campo, en un futuro cercano, a Robert B. Corey por sus investigaciones fundamentales sobre la estructura molecular detallada de aminoácidos y cadenas polipeptídicas de proteínas, o posiblemente dividido entre él y Kendrew y Perutz. Por otra parte, creo que puede ser prematuro otorgar un Premio Nobel a Watson y Crick debido a las incertidumbres existentes sobre la estructura del ácido nucleico. Yo mismo creo que la naturaleza general de la estructura de Watson y Crick es correcta, pero que existen dudas acerca de detalles.

Con respecto a Wilkins, puedo decir que reconozco su virtuosismo al haber crecido mejores fibras de ADN que las que se habían crecido antes y obtenido mejores imágenes de rayos X que las disponibles anteriormente, pero dudo que su trabajo represente una contribución suficiente a la química como para permitirle ser incluido entre los receptores de un Premio Nobel.

En un último párrafo, Pauling añadía que lamentaba que W. M. Latimer y W. H. Rodebush

hubiesen muerto y opinaba que sus contribuciones, de gran importancia para el enlace de hidrógeno en las moléculas de los organismos vivos, así como de las sustancias sencillas, les habían hecho merecedores de un Premio Nobel de Química.

La carta de Pauling al Comité Nobel de Química es interesante porque indica que ya no parecía estar tan seguro como en la carta anterior de que Watson y Crick merecieran todavía el Premio Nobel, pero sí Robert Corey (1897-1971), que acaso debiera compartirlo (la mitad para él) con Kendrew y Perutz. Corey trabajaba en el laboratorio de Pauling y había colaborado con él; de alguna forma, aunque no se atreviera a decirlo, debía pensar que él, Pauling, también merecía el premio, aunque ya tuviese uno). Otro detalle significativo es que ignoraba que las imágenes de rayos X, que tan importantes habían sido para descubrir la estructura del ADN, no las había tomado Maurice Wilkins —a quien no consideraba merecedor del Premio Nobel—, sino Rosalind Franklin (fallecida en abril de 1958).



Rosalind Franklin.
© *Universal History Archive/Getty images*

Sin embargo, a pesar de toda su autoridad, el Comité Nobel no siguió sus recomendaciones y concedió a Watson, Crick, Wilkins, Perutz y Kendrew los ya citados Premios Nobel. Ni Robert Corey ni Johannes M. Bijvoet lo recibieron; sí Dorothy Crowfoot Hodgkin, que obtuvo el de Química de 1964 «por sus determinaciones mediante técnicas de rayos X de la estructura de importantes sustancias bioquímicas».

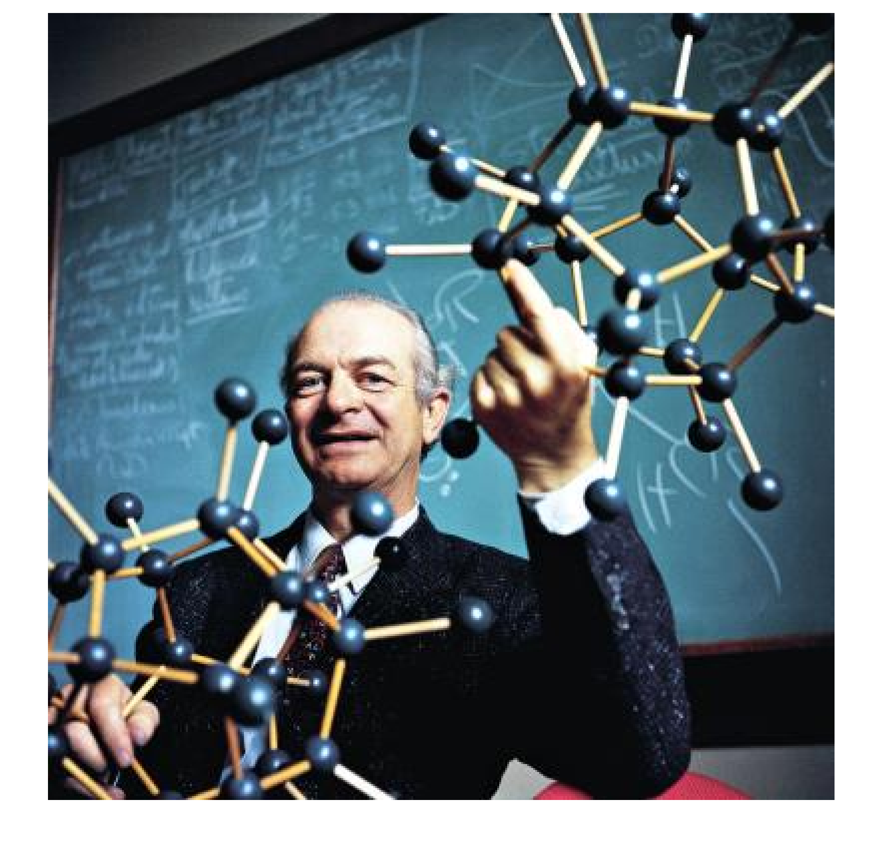
75
LINUS PAULING: CIENTÍFICO Y ACTIVISTA SOCIAL*

Ya hemos hablado de Linus Carl Pauling, un científico que ocupa un lugar privilegiado en la historia de la química del siglo xx por sus contribuciones concretas (en especial sobre el enlace químico) y por mostrar la importancia que tenía para la química la nueva herramienta procedente de la física, la mecánica cuántica. También enriqueció los conocimientos e intereses que llevó a la biología. Por si fuera poco, fue un hombre que se involucró en algunos problemas sociopolíticos que afectaban al mundo. Los dos Premios Nobel que obtuvo, el de Química de 1954 «por su investigación en la naturaleza del enlace químico y su aplicación a dilucidar la estructura de sustancias complejas» y el de la Paz de 1962, dan fe de la notoriedad y distinción que alcanzó tanto en la ciencia como en su activismo social. Por ello es oportuno saber más de él.

Linus Pauling

Linus Pauling nació en Portland (Oregón) y estudió Ingeniería Química en el Oregon State Agricultural College. Una vez completados estos estudios, en 1922 se trasladó al California Institute of Technology (Caltech) de Pasadena con el propósito de doctorarse. Entonces Caltech era un centro de excelencia tanto en física como en astronomía y en químico-física. Allí estaba Gilbert Newton Lewis (1875-1946), personaje destacado en la químico-física mundial, que en 1916 había propuesto una teoría del enlace (covalente) químico basada en átomos diferentes que compartían

electrones. En una institución joven como era Caltech, aún no excesivamente separada en departamentos estancos, existía la posibilidad de interrelación entre campos de investigación, como sucedió con la biología cuando el genético Thomas H. Morgan se incorporó a Caltech en 1928. El estilo científico de Pauling se debía a la educación que recibió y el ambiente en que se movió en Pasadena. Su estilo mezcló consideraciones cuánticas sobre el enlace químico con otras propias de la cristalografía y la difracción de rayos X, sin olvidar algunas más de carácter biológico. Para él, la biología molecular era «una parte de la química estructural, un campo que estaba comenzando a desarrollarse cuando empecé a trabajar en la determinación de estructuras de cristales mediante difracción de rayos X en el California Institute of Technology en 1922». Francis Crick, el codescubrior de la estructura del ADN en 1953, resumió la importancia de Pauling para la biología molecular en uno de sus libros (*Qué loco propósito*):



Linus Pauling.
© *Tom Hollyman/Science Source/Album*

> Pauling fue en biología molecular una figura más importante de lo que a veces se cree. No sólo hizo algunos descubrimientos clave (por ejemplo, que la anemia falciforme era una enfermedad molecular), sino que tenía la aproximación teórica exacta a estos problemas biológicos. Creía que mucho de lo que quedaba por saber podía explicarse utilizando ideas químicas bien fundamentadas, en especial la química de macromoléculas, y que nuestros conocimientos sobre los diversos átomos, especialmente el carbono, y sobre los enlaces que mantienen unidos a los átomos […] serían suficientes para desvelar los misterios de la vida.

Química cuántica

En 1926, Pauling obtuvo una beca de la Fundación Guggenheim que utilizó para ampliar estudios en Europa durante un año. Conocedor de las

posibilidades de la nueva física cuántica —en Caltech pudo escuchar las enseñanzas de los físicos europeos Paul Ehrenfest y Arnold Sommerfeld, que visitaron Caltech y dieron cursos sobre diferentes aspectos de la física cuántica—, escogió como destino europeo el Instituto de Física dirigido por Sommerfeld en Múnich, al que llegó en abril. Allí permaneció la mayor parte del tiempo, pero, en la primavera de 1927 pasó algunas semanas en el Instituto de Física de Niels Bohr en Copenhague, donde se relacionó sobre todo con Samuel Goudsmit, con quien escribiría posteriormente un libro. Desde allí se trasladó a Zúrich, en donde pasó el verano. No fue ni con Peter Debye ni con Erwin Schrödinger con los que más se relacionó, sino con dos jóvenes ayudantes, Walter Heitler y Fritz London, quienes a principios de 1927 habían publicado una teoría de enlace covalente que aplicaron a la más simple de las moléculas, la del hidrógeno. «Inmediatamente —escribió años más tarde Pauling— comencé a aplicar la teoría de Heitler y London a sistemas más complicados, y en 1928 publiqué un breve artículo sobre la teoría del par de electrones compartidos en el enlace químico [...]». Por entonces, desde el otoño de 1927, ya estaba de regreso en Caltech, donde fue nombrado profesor ayudante de Química Teórica.

En una carta que escribió a Gilbert N. Lewis el 7 de marzo de 1928, dentro del contexto de las aportaciones de Lewis, explicaba en qué estaba trabajando:

> Querido profesor Lewis:
>
> Sin duda habrá visto el reciente artículo de London en el Zeitschrif für Physik [«Zur Quantentheorie der homoopolaren Valenzzahlen», 1928] y habrá observado que los resultados que

> deriva de la mecánica cuántica concernientes a compartir electrones son en lo principal equivalentes a las reglas que usted había obtenido previamente. Es, por supuesto, su prerrogativa señalar esto; pero en la creencia de que probablemente no lo hará, me he tomado la libertad de referirme a este hecho en la primera parte de una nota sobre algunos desarrollos de la teoría que he enviado a los *Proceedings of the National Academy* (incluyo una copia) [«The shared-electron chemical bond», 1928]. Si esto no recibe su aprobación, haré los cambios que desee. En un artículo más extenso para el *Journal of the American Chemical Society* señalaré con más detalle la sustanciación que da la mecánica cuántica a su teoría. Me satisface mucho que en el nuevo modelo atómico los rasgos que resultan del átomo de Lewis se hayan reproducido tanto como los del átomo de Bohr.
>
> En las clases que he estado dando este año sobre mecánica cuántica con aplicaciones químicas, he revisado detenidamente el trabajo sobre la molécula de hidrógeno y el ión molecular, y he corregido varios errores sustanciales. Además, he realizado los cálculos que proporcionan la interpretación de dos átomos de helio […].
>
> He traducido la disertación de Goudsmit, y juntos la estamos ampliando ahora para formar una monografía, «The Atomic Model and the Structure of Line Spectra», que, creo, aparecerá durante este verano. He trabajado con Goudsmit en Copenhague en problemas espectrales, y he encontrado que un conocimiento de la teoría de los espectros resulta muy útil para atacar el problema que más me interesa: la naturaleza del enlace químico.

El libro con Samuel Goudsmit al que se refería Pauling en esta carta, y al que ya aludí antes, vio la luz, pero más tarde de lo previsto: se tituló *The Structure of Line Spectra* y lo publicó McGraw-Hill en 1930 en la colección dirigida por F. K. Richtmyer «International Series in Physics».

En 1931, Pauling publicó una descripción mecano-cuántica detallada del enlace covalente. Estos estudios y trabajos le llevaron a publicar en 1935, en colaboración con Edgar Bright Wilson, una introducción a la mecánica cuántica destinada a los químicos: *Introduction to Quantum Mechanics, with*

Applications to Chemistry (*Introducción a la mecánica cuántica con aplicaciones a la química*). Pero mucho más importante que este texto fue su célebre tratado de 1939: *The Nature of the Chemical Bond and the Structure of Molecules and Crystals* (*La naturaleza del enlace químico y la estructura de moléculas y cristales*). El libro estaba dedicado a Gilbert Newton Lewis. Éste debió hacer llegar a Pauling su satisfacción por la dedicatoria, y el 20 de agosto de 1939 Linus escribía a Lewis:

> Querido profesor Lewis:
>
> Me hace muy feliz saber que está contento con mi libro y que piense que es lo suficientemente bueno como para habérselo dedicado. Sabe usted, por supuesto, que le he tenido en mente continuamente mientras lo escribía y que he estaba deseando que aceptase mi tratamiento [del tema].
>
> Estoy esperando ver el artículo sobre el color que usted y Calvin van a publicar en el número de octubre de *Chemical Reviews*. He estado trabajando durante algunos meses en la teoría del color en tintes, y hablé de mis resultados preliminares en Chicago. Mencioné brevemente en mi capítulo de *Organic Chemistry* de Gilman una idea fundamental sobre el color de los tintes, y hace algunos meses pensé en una forma de efectuar cálculos mecánico-cuánticos aproximados; la dificultad se halla, por supuesto, en encontrar un tratamiento aproximado que sea razonablemente simple y no obstante suficientemente bueno como para ser significativo.

Un detalle interesante y revelador de que Pauling estaba pensando tanto en químicos como en físicos para la audiencia de su libro de 1939 lo encontramos en la carta que envió el 13 de junio a W. S. Schaefer, un miembro de la editorial que lo había publicado, Cornell University Press. En ella le daba una lista de personas a las que quería que se enviasen ejemplares, entre las que estaban William Bragg, Robert Millikan,

Niels Bohr y Werner Heisenberg.

Es difícil darse cuenta, tantos años después, de lo que significó aquel texto para aquellos que pugnaban, entre muchos otros, por desentrañar la estructura de las moléculas biológicas. Max Perutz, en un ensayo que escribió poco después del fallecimiento de Pauling, manifestaba sobre el particular:

> En la Navidad de 1939, una amiga me regaló un vale de compra para libros, que utilicé para adquirir *The Nature of the Chemical Bond*, de Linus Pauling, que había aparecido poco antes. Este libro transformó el limitado panorama químico de los textos anteriores en un mundo de estructuras tridimensionales […]. El libro de Pauling reforzó mi convicción, inspirada por J. D. Bernal, sobre la importancia de conocer la estructura tridimensional, y de que jamás se comprendería la célula viva sin conocer la estructura de las grandes moléculas que la componen […]. El enfoque creativo de Pauling, su síntesis de la química estructural, teórica y práctica, su capacidad de integrar una amplia gama de observaciones para sustentar sus generalizaciones, así como su prosa ágil, reunió por primera vez los datos llanos de la química en una trama intelectual coherente para mí y para miles de estudiantes.

Pauling y la biología molecular

En 1932, Pauling había presentado una propuesta de investigación en química estructural a la Fundación Rockefeller. Aunque pretendía dedicarse sobre todo a estudiar sustancias inorgánicas, señaló la necesidad de determinar también la estructura de las moléculas orgánicas. «Este conocimiento —apuntó— puede ser de gran importancia para la bioquímica, resultando en la determinación de la estructura de proteínas, hemoglobina y otras sustancias orgánicas complejas.» La Fundación decidió financiar el proyecto durante dos años. Transcurrido ese período, Pauling supo que

la Rockefeller no tenía intención de seguir apoyando el campo de la química estructural inorgánica, pero que recibiría con agrado propuestas de proyectos para investigar sustancias importantes para la biología. Cuando la Fundación impuso sus condiciones, Pauling ya había adquirido el conocimiento suficiente para estudiar las grandes moléculas en la materia viva. A comienzos de la década de 1950 cosechó su fruto más notable, cuando publicó una serie de ocho artículos sobre la estructura de las proteínas. El primero de ellos, escrito en colaboración con Robert Corey y Herman Russell Branson («The structure of proteins: two hydrogenbonded helical configurations of the polypeptide chain», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1951), comenzaba con las siguientes palabras:

> Durante los últimos quince años hemos estudiado el problema de la estructura de las proteínas de diversas maneras. Una de estas formas es la determinación completa y precisa de la estructura cristalina de aminoácidos, péptidos y otras sustancias simples relacionadas con las proteínas, para obtener la información sobre las distancias interatómicas, ángulos de enlaces y otros parámetros que permitiesen predecir con fiabilidad configuraciones razonables de la cadena de polipéptidos. Ahora hemos utilizado esta información para construir dos configuraciones helicoidales con enlaces de hidrógeno para la cadena de polipéptidos; pensamos que es probable que estas configuraciones constituyan una parte importante tanto de la estructura de las proteínas fibrosas y globulares como de las de polipéptidos sintéticos.

La estructura helicoidal que mencionaban es la denominada «hélice α», que, de hecho, se le había ocurrido a Pauling en Oxford en 1948 mientras estaba en cama debido a una fuerte gripe (hizo pública su

idea el año siguiente, en Caltech). Una de las virtudes de semejante estructura era que permitía interpretar las imágenes de difracción de rayos X de fibras proteínicas de cabellos, uñas y músculos (esto es, sustancias que contienen proteínas, como la queratina), imágenes que había obtenido en la Universidad de Leeds (era *lecturer* en Física de Textiles) William Thomas Astbury, otro de los pioneros de la aplicación de las técnicas de difracción de rayos X a sustancias orgánicas.

A partir de entonces, la estructura helicoidal se puso de moda. Se ha argumentado que la doble hélice del ADN de James Watson y Francis Crick constituye buena muestra de esa influencia, pero ambos hicieron manifestaciones un tanto contradictorias al respecto. Así, Watson, en su célebre libro *The Double Helix* (1968), recordaba: «Las hélices estaban entonces en el centro de interés del laboratorio [Cavendish], principalmente debido a la hélice α de Pauling». Y pocas páginas antes había escrito una frase que hay que insertar en las precedentes: «A los pocos días de mi llegada [al Cavendish], sabía lo que hacer: imitar a Linus Pauling y batirle en su propio juego».

Los recuerdos de Crick fueron un tanto diferentes:

> Se ha dicho que el modelo de Pauling de la hélice α, o su modelo incorrecto del ADN, nos sugirió la idea de que el ADN era una hélice. Nada más lejos de la realidad. Las hélices estaban en el ambiente y había que ser muy obtuso o muy obstinado para no pensar en líneas helicoidales. Lo que Pauling nos enseñó es que la construcción meticulosa y exacta de un modelo podía representar una limitación que, en cualquier caso, la respuesta final debía satisfacer. En algunas ocasiones esto podía conducir a la estructura correcta, empleando solamente un mínimo de pruebas experimentales directas. Esta fue la lección que recibimos y que Rosalind Franklin y Maurice Wilkins no supieron apreciar cuando

intentaron descifrar la estructura del ADN.

Pacifista

Ningún escrito dedicado a Linus Pauling podría estar completo si no se mencionara su gran actividad social en pro de la paz, tarea que le granjeó un segundo Premio Nobel, el de la Paz. Existen numerosos documentos relativos a sus actividades en este dominio, de los que ofreceré únicamente una carta que envió al presidente John F. Kennedy el 26 de enero de 1962:

> Querido Sr. presidente:
>
> Le urjo a que no ordene la reanudación de las pruebas atmosféricas de armamento nuclear por parte de Estados Unidos.
>
> Hasta el momento, Estados Unidos ha realizado alrededor del doble de pruebas de explosiones de armas nucleares que la Unión Soviética. El megatonaje de las bombas probadas por la Unión Soviética es aproximadamente un 60 % superior al de las bombas probadas por Estados Unidos, pero es el número de pruebas, más que el megatonaje total, lo que determina la cantidad de información que se obtiene. No hay duda de que Estados Unidos todavía va muy por delante de la Unión Soviética en tecnología de armamento nuclear.
>
> No es necesario para la protección de Estados Unidos y del pueblo americano que nuestro Gobierno reanude las pruebas nucleares en la atmósfera.
>
> Existe acuerdo general entre los científicos biólogos sobre los efectos biológicos de la caída de radiactividad. Nadie puede negar que los productos de fisión, ocasionados por estas pruebas en la atmósfera, dan lugar a mutaciones genéticas que conducirán al nacimiento de niños con graves defectos. El número de niños con estos defectos originados por los productos de fisión y por la radiación de alta energía, en general, no se puede estimar con precisión. Las estimaciones realizadas por los genéticos americanos de más confianza, que también están en concordancia con las estimaciones del Comité de las Naciones Unidas para este asunto, se encuentran en torno a mil niños con graves defectos por megatón de fisión.
>
> Además, el carbono 14 producido por los neutrones emitidos en

la explosión, incluso en las explosiones de las denominadas «bombas limpias», causarán, según las estimaciones más valoradas, un número considerablemente mayor de niños con graves defectos que los ocasionados por los productos de fisión, en tanto que la raza humana continúe existiendo en la Tierra durante la vida de los núcleos de carbono 14.

Por otra parte, muchos científicos, aunque no todos, piensan que es altamente probable que los productos de la fisión radiactiva y el carbono 14 dañen a los humanos que ahora viven, al igual que a los de generaciones futuras, en formas tales que ocasionen leucemia, cáncer de huesos y otras enfermedades.

No tengo duda de que podríamos destruir a la Unión Soviética con las bombas que tenemos ahora, incluso después de un ataque inicial, y creo que nuestro peligro no aumentaría en absoluto si nos refrenásemos de probar bombas en el futuro imaginable. Entretanto, nuestros esfuerzos por lograr una paz y un desarme se harían más eficaces por nuestra posición moral, y por la mejora de nuestra postura con respecto a las naciones neutrales, si nos refrenásemos de llevar a cabo más pruebas con armas nucleares.

Le urjo a que no se ordenen más pruebas de armamento nuclear, y que en su lugar se haga un esfuerzo mayor para lograr un acuerdo de pruebas nucleares, con controles e inspecciones internacionales, y otros acuerdos encaminados al fin de un desarme completo con control e inspección.

Linus Pauling fue, en definitiva, un científico extraordinario y merece por ello ser recordado, pero aún más lo merece por su compromiso con la paz mundial.

ENTRE DOS AGUAS: NABOKOV, ENTOMÓLOGO Y ESCRITOR*

La vida nos sorprende constantemente. Creemos que la ciencia es una actividad tan exigente, y lo es, que rara vez pueden practicarla quienes no se dedican en exclusiva a ella, que no es posible adquirir renombre más que dedicándose a una única profesión. Vladimir Nabokov (1899-1977), recordado sobre todo por su obra como escritor (su novela más famosa es *Lolita* (1955), aunque hay otras como *Ada o el ardor* (1969)), demuestra que se puede lograr una polivalencia reconocida.[25] En el artículo «Nabokov's Blue Butterflies», publicado en enero de 2011 en *The New Yorker*, Erin Overbey escribía:

> En cierta ocasión, Vladimir Nabokov dijo: «Un escritor debería tener la precisión de un poeta y la imaginación de un científico». El afamado autor exhibió ambas cualidades en sus escritos y sus empresas no literarias, que incluían los lepidópteros, el estudio de las mariposas y las polillas. Aunque, por supuesto, es más conocido por sus intrincadas novelas y ensayos, durante la última década se ha redescubierto las actividades entomológicas de Navokov.

Por este motivo he decidido dedicar el último capítulo de este libro a Nabokov, ejemplo magnífico de ciudadano de «las dos culturas», concepto que introdujo en 1959 Charles Percy Snow, durante un tiempo químico-físico y posteriormente novelista. Snow sostenía:



Vladimir Nabokov.

> La vida intelectual de toda sociedad occidental se divide cada vez más en dos grupos. [...] Los intelectuales literarios en un polo, y en el otro los científicos, con los físicos como los más representativos de éstos. Entre los dos grupos existe un golfo de mutua incomprensión, en ocasiones (especialmente entre los jóvenes) de hostilidad y antipatía, pero sobre todo de falta de entendimiento.

Estas rotundas afirmaciones, sin duda justificadas, no se pueden aplicar a Vladimir Nabokov, un hombre cuya itinerante vida se ajusta, en cierto sentido, a una pluralidad de intereses (además de novelista y lepidopterólogo, fue poeta, traductor y crítico

literario). Nació en San Petersburgo en abril de 1899 en el seno de una familia aristocrática con medios. En abril de 1919 abandonó Rusia para estudiar en la Universidad de Cambridge, primero Zoología y posteriormente Lenguas Romances y Eslavas en el Trinity College. Permaneció en Cambridge hasta 1922, año en que su padre fue asesinado, y después se instaló en Berlín. Allí estuvo hasta 1937; se fue entonces a París, puente de paso hacia Estados Unidos, a donde llegó en 1940; se instaló en Manhattan y empezó a colaborar como entomólogo voluntario en el Museo Americano de Historia Natural. En 1941 se unió al claustro de Wellesley College como *lecturer* en Literatura Comparada, lo que le permitió dedicar su tiempo libre a la escritura y a su gran amor, las mariposas. En 1961 abandonó Norteamérica y se instaló en el Hotel Palace de Montreux (Suiza), donde falleció dieciséis años más tarde. Trilingüe, escribió en ruso e inglés, pero también dominaba el francés.

Nabokov, el hombre que amaba las mariposas

En una entrevista publicada posteriormente en el libro *Strong Opinions* (*Opiniones contundentes*, 1973), el propio Navokov respondió de la siguiente manera a la pregunta de «Dicen que ha afirmado usted: “Mis placeres son los más intensos conocidos por el hombre: escribir y cazar mariposas”. ¿Son de algún modo compatibles?»:

> No, pertenecen a tipos de goce completamente diferentes. Ninguno de los dos es fácil de describir a quien no los ha experimentado, y ambos son tan evidentes para quien sí los ha experimentado que una descripción parecería tosca y redundante. En el caso de la caza de mariposas, creo poder distinguir cuatro elementos principales. Primero, la esperanza de apresar […], o apresar realmente, el primer ejemplar de una especie desconocida

para la ciencia: ése es el sueño recóndito de todo lepidopterólogo, sea que esté escalando una montaña en Nueva Guinea o atravesando una ciénaga en Maine. Segundo, está la captura de una mariposa muy rara o muy limitada a un lugar [...] sobre la que se ha deleitado uno en los libros, en oscuras revistas científicas, en las láminas espléndidas de trabajos famosos y que entonces ve volando, en su entorno natural, entre plantas y minerales que adquieren una magia misteriosa mediante la asociación íntima con las rarezas que producen y sustentan, de tal modo que determinado paisaje vive dos veces: como inmensidad deleitable por derecho propio y como refugio de determinada mariposa. Tercero, está el interés del naturalista por indagar en la vida de insectos poco conocidos, por enterarse de sus hábitos y estructura, y por determinar su colocación en el sistema de clasificación, sistema que a veces puede estallar agradablemente en un despliegue deslumbrante de fuegos de artificio polémicos, cuando un nuevo descubrimiento trastorna el viejo sistema y confunde a sus obtusos defensores. Y cuarto, no hay que pasar por alto el elemento deportivo, de suerte, de movimiento rápido y realización robusta, de una búsqueda ardiente y ardua que termina en el triángulo sedoso de una mariposa plegada descansando en la palma de la mano.[26]

De hecho, durante unos años Nabokov se ganó la vida profesionalmente como entomólogo, trabajando en el Museo de Zoología Comparada de la Universidad de Harvard. En otra entrevista también reproducida en el mencionado libro, él mismo resumió su carrera como entomólogo de la siguiente forma:

Mi trabajo real sobre lepidópteros abarca un lapso de siete u ocho años del decenio de 1940, principalmente en Harvard, donde era investigador de Entomología en el Museo de Zoología Comparada. Esto imponía algunas tareas de conservación, pero dedicaba la mayor parte de mi trabajo a la clasificación de ciertas mariposas pequeñas y azules sobre la base de su estructura genital masculina. Estos estudios requerían el uso constante del microscopio, y como dedicaba hasta seis horas diarias a ese tipo de investigación, se me dañó la vista para siempre; pero, por otra parte, los años del Museo de Harvard siguen siendo los más deliciosos y emocionantes de mi vida de adulto. Mi mujer y yo pasábamos los veranos cazando mariposas, sobre todo en las Montañas Rocosas. En los últimos quince años he cazado

> mariposas aquí y allá, en Norteamérica y en Europa, pero no he publicado ningún artículo científico, porque la redacción de mis nuevas novelas y la traducción de las viejas se han inmiscuido mucho en mi vida: los garfios en miniatura de una mariposa macho son nada en comparación con las garras de águila de la literatura que me laceran día y noche.

> Y recordaba con orgullo algunas de sus conquistas entomológicas:
> Soy autor o revisor de cierto número de especies y subespecies, sobre todo del Nuevo Mundo. En tales casos, el nombre del autor se añade en tipo redondo al nombre en cursiva que él da a la criatura. Varias mariposas y una polilla llevan mi nombre, y en esos casos éste se incorpora al del insecto descrito, convirtiéndose en «nabokovi» seguido por el nombre de quien lo describe. También hay un género, *Nabokovia* [nombre asignado por Arthur Francis] Hemming en Sudamérica. Todas mis colecciones norteamericanas están en museos, en Nueva York, Boston e Ithaca.

Stephen Jay Gould, a quien también se le puede adjudicar el muy honroso título de «ciudadano de las dos culturas», afirmó, por si alguien tuviese dudas:

> Nabokov no fue un *amateur*, en el sentido peyorativo del término, sino un taxónomo profesional completamente cualificado, claramente de talento, debidamente empleado, con reconocida experiencia «a nivel mundial» en la biología y clasificación de un grupo importante, los Poliomatinos latinoamericanos, conocidos popularmente por los aficionados a las mariposas como «azules».

Como indicaba en la entrevista antes citada, Nabokov estuvo empleado por la Universidad de Harvard entre 1942 y 1948, año en que aceptó un puesto de profesor de Literatura en la Universidad de Cornell. Su salario era modesto, alrededor de 1.000 dólares anuales, algo que Jay Gould explicó de la siguiente manera:

> El hecho de que Nabokov trabajara con poca paga, y con el vago título de becario de investigación, en lugar de tener un puesto profesional (o incluso de conservación), no implica una categoría

> no profesional. Cuando yo ocupé mi puesto en el mismo museo en 1968, varios directores de colecciones, reconocidos como expertos mundiales con copiosas publicaciones, trabajaban como «voluntarios» por el simbólico «un dólar al año» que les confería categoría oficial en la nómina de Harvard.

La correspondencia de Nabokov abunda en menciones a su actividad, a su pasión por la lepidopterología. A su hermana, Elena Sikorski, le explicaba su situación y placeres profesionales el 26 de noviembre de 1945:

> Mi laboratorio ocupa la mitad de la cuarta planta. La mayor parte de él está lleno de hileras de armarios, que contienen cajones deslizantes de mariposas. Soy el guardián de estas colecciones absolutamente fabulosas. Tenemos mariposas procedentes de todo el mundo. […] A lo largo de las ventanas se extienden mesas sobre las que se hallan mis microscopios, tubos de ensayo, ácidos, papeles, alfileres, *etc.* Tengo un ayudante cuya tarea principal es extender los ejemplares que han enviado los recolectores. Trabajo en mi investigación personal […], un estudio de la clasificación de las «azules» americanas, basado en la estructura de sus genitales (diminutos y esculpidos ganchos, dientes, espolones, etc., visibles sólo bajo el microscopio), que dibujo con ayuda de varios dispositivos maravillosos, variantes de la linterna mágica. […] Mi trabajo me arrebata, pero me agota absolutamente. […] Saber que nadie antes que tú ha visto el órgano que estás examinando, establecer relaciones que no se le ocurrieron a nadie previamente, sumergirse en el maravilloso mundo cristalino del microscopio, en el que reina el silencio, circunscrito a su propio horizonte, una liza cegadoramente blanca […] todo ello es tan seductor que no puedo describirlo.

Aquel mismo año, 1945, explicaba a su hermano Kirill:

> Me es difícil escribir mucho sobre mi forma de vida. Tomada en conjunto es prácticamente igual a como había sido en Europa, pero soy mucho más feliz en este país de lo que fui en Francia.
>
> Vera [su esposa, con la que se casó en abril de1925] y Mityusha [uno de los nombres con los que Vladimir Nabokov llamaba a su

hijo Dmitri] están en buena forma. Él tiene ahora once años. Trabajo como *research fellow* [ayudante de investigación] en la Universidad de Harvard (Museo de Zoología Comparada) y también enseño en el Wellesley College. Durante estos últimos años he publicado tres libros en inglés (una novela titulada *The Real Life of Sebastian Knight*, una biografía de Gogol y un pequeño volumen de traducción de Pushkin, Lermontov, Tyutchev) y he contribuido con poesía y prosa al *New Yorker* (varios poemas) y al *Atlantic Monthly* (varias historias). Sin embargo, una gran parte de mi tiempo está ocupado por artículos científicos sobre mariposas, algunas de las cuales yo mismo he descubierto durante viajes de recolección en Arizona y Utah.

El 18 de abril de 1975, desde su refugio en el Hotel Palace de Montreux, ya cercana su muerte (falleció dos años después), continuaba mostrando su interés por las mariposas, la pasión de su vida. Así se dirigía a Robert Wool, del *New York Times Magazine*:

Querido Mr. Wool:

Siento mucho no ser capaz de escribir sobre Lepidoptera (al menos este año) como usted amablemente sugiere en su carta del 27 de marzo. Estaría encantado, sin embargo, si, en referencia a la reciente nota sobre Mariposas amenazadas, pudiese publicar lo siguiente: Al editor:

Por una agradable coincidencia, la denominada «Karner Blue» que ilustra la nota de Bayard Webster sobre insectos que necesitan protección (*N. Y. Times*, 21 de marzo) es una mariposa que yo mismo clasifiqué. Es conocida como *Lycaeides melissa samuelis* Nabokov, o más propiamente *Lycaeides samuelis* Nabokov (yo consideré al principio que era una raza de la *melissa* Edwards del oeste, pero recientemente he concluido que es una especie diferente). Mi descripción original se puede encontrar en *Psyche*, vol. I, 1943, seguida de un artículo más elaborado en el *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, Harvard College, vol. 101, 1949. Es una mariposa muy local asociada a los crecimientos extensivos de lupino [una planta leguminosa], en colonias aisladas desde Míchigan (probablemente su hábitat original) hasta, al menos, Albany, N Y. Los lectores de mi ficción pueden haberla encontrado afincada en arena húmeda en una escena vacacional de mi novela *PNIN*.

Suyo sinceramente,

VLADIMIR NABOKOV

Incluso en alguno de sus poemas recordó Nabokov a sus queridas mariposas, como en uno titulado «Un descubrimiento» del que entresaco algunos versos:

La hallé en una tierra legendaria
toda rocas y espliego y dispersa hierba,
donde estaba posada sobre arena empapada
vecina al torrente de un desfiladero.

Los rasgos que combina la señalan como nueva
ante la ciencia: forma y tono —el tinte tan singular, consanguíneo de la luz de la luna, que atempera su azul, la parte inferior deslustrada, la franja taraceada.

Han aislado mis agujas su sexo esculpido;
los tejidos corroídos no pudieron ya ocultar
esa mota inapreciable que ahora riza la lágrima convexa y límpida sobre un portaobjetos iluminado.

Se gira un tornillo lentamente; y saliendo de la bruma dos ambarados garfios se inclinan simétricamente, o escamas cual raquetas de amatista
atraviesan el círculo encantado del microscopio.

Yo la hallé y yo le di nombre, al ser versado
en el latín taxonómico; me convertí de ese modo en padrino de un insecto y su primer
definidor: otra fama ya no quiero.

Como historiador he utilizado muchas veces correspondencias; es uno de mis recursos favoritos. La mayor parte de las veces las cartas que he empleado se encuentran en libros o artículos ya publicados, como los que cito en los capítulos precedentes. Pero en algunas ocasiones, que recuerdo con particular placer, yo mismo desenterré cartas que dormían el sueño del olvido. En el extraordinario Archivo de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas (JAE), institución pública creada en 1907, que con tanto cuidado y celo se conserva en la Biblioteca de la Residencia de Estudiantes de Madrid, he encontrado cartas que me han ayudado en mis reconstrucciones de la historia de la ciencia de la España del siglo XX, especialmente en lo que se refiere al mundo de la JAE, así como de la ciencia española del mismo siglo anterior a la Guerra Civil.[27] El libro con el que completé mis estudios de la historia institucional de la ciencia en la España de aquel siglo, *El Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Una ventana al conocimiento (1939-2014)* (2021), empleó cartas existentes en el Archivo de José María Albareda, el poderoso secretario del Consejo, que se conservan en la Universidad de Navarra.[28]

También he dado importancia a las correspondencias en las biografías que he dedicado al físico Blas Cabrera y al espectroscopista Miguel Antonio Catalán, aunque en el caso del primero esa presencia no ha sido tan amplia como yo hubiese deseado al haberse perdido, al parecer, su archivo personal, una situación relativamente frecuente entre los científicos españoles.[29] Por fortuna, Diego Catalán, hijo de Miguel y filólogo que honró la memoria de su

abuelo, Ramón Menéndez Pidal, puso en mis manos suficiente material como para que la biografía de su padre no se viera limitada. Lamentablemente, otras cartas útiles para mejorar la biografía llegaron a mis manos más tarde; albergo la esperanza de poder reescribir con ellas algún día ese libro, del que tan buenos recuerdos guardo y que tanto significó para mí.

Como otros historiadores de la ciencia en España. he acudido, solo o en colaboración, al estudio de la vida y obra de Santiago Ramón y Cajal (véase el capítulo 36 del presente libro), de lejos el mejor científico de la historia de la ciencia española. He tenido muy en cuenta las cartas de él, o a él, que se conservan en el Instituto Cajal del Consejo Superior de Investigaciones Científicas; en este punto no puedo dejar de mencionar que existen indicios de que una parte de esa correspondencia (y de sus maravillosos dibujos histológicos) se ha perdido o está ilocalizable.[30]

La historia de la ciencia universal

He escrito mucho sobre la historia de la ciencia española, mucho más de lo que podía haber imaginado cuando comencé a reorientar mi carrera profesional de físico teórico a historiador de la ciencia. Como antiguo científico, la historia de la ciencia universal ocupa un lugar especial en mis inclinaciones, y si he dedicado tiempo a la historia de la ciencia española, quitándoselo a la de mis verdaderos amores, ha sido, básicamente, por dos motivos: (1) un compromiso moral, digámoslo así, el de comprender mejor mi país, y (2) disponer más fácilmente de materiales en los que basar mis investigaciones. Dicho esto, debo añadir que si soy un

mejor historiador es por haberme ocupado de la ciencia de un país en la que ésta no se puede comparar, salvo excepciones —Cajal y, como expliqué en *El país de los sueños perdidos*, algunos momentos de la historia española, especialmente la del siglo XVI y los relacionados con la exploración de América—, con la de otras naciones (Reino Unido, Francia, Alemania, Estados Unidos…). Comprender la historia de la ciencia de naciones de la a veces denominada «periferia de la ciencia» es imprescindible para entender realmente la dinámica de la propia ciencia, al igual que la historia de todas las naciones.

Como señalé en la Introducción, durante el año que viví en Filadelfia pasé muchas horas en la American Philosophical Society consultando el archivo «Sources for History of Quantum Physics», donde encontré copias de numerosas cartas de protagonistas de la revolución cuántica. Algunas ya las he utilizado y otras esperan al segundo tomo de mi *Historia de la física cuántica*. Antes de Filadelfia, pasé unos años en Londres, primero en el Departamento de Matemáticas del King's College, con una beca de ESRO (European Space Research Organisation), y luego en el Departamento de Física y Astronomía del University College London (UCL), donde hice mi doctorado. Allí tuve una magnífica oportunidad: consultar los materiales de la «Oliver Lodge Collection», que se conservan en la biblioteca del UCL. Las cartas que encontré allí, que además de Lodge incluían a Joseph Larmor, Arthur Eddington y James Jeans, dieron lugar al que considero uno de mis mejores trabajos: «Larmor versus general relativity».[31]

Correspondencias personales con algunos físicos notables

Además de las anteriores, hace ya bastantes años mantuve otra relación con las correspondencias, ésta más activa y personal: dirigirme por carta a algunos físicos notables con preguntas específicas. Tales preguntas se referían a dos asuntos: el primero, conocer su participación en la oferta de una cátedra extraordinaria que el Gobierno de la Segunda República española le hizo a Albert Einstein (acababa de renunciar a sus puestos en Berlín, en la Alemania ya hitleriana) en 1933 a través del escritor Ramón Pérez de Ayala, entonces embajador de España en el Reino Unido; y el segundo, conocer su relación con teorías de la física que utilizaron el concepto de acción a distancia.

Cartas sobre una posible cátedra para Einstein en la Universidad de Madrid

Al desentrañar la historia de la oferta española a Einstein —tarea que emprendí junto a Thomas F. Glick, historiador de la ciencia de la Universidad de Boston—, quedó claro que el creador de las teorías especial y general de la relatividad sólo deseaba pasar unas semanas en Madrid (al final, ni eso) y que se crease una cátedra de Física de la que se encargase algún físico (una especie de «delegado» suyo), preferentemente uno que hubiese tenido que abandonar Alemania debido a la política antisemita implantada por Hitler.[32]

Durante el año que pasé en la Temple University de Filadelfia, el primer paso fue escribir el 23 de mayo de 1979 a Helen Dukas, la fiel secretaria de Einstein, preguntándole por la oferta española a Einstein. Conservo su respuesta, del 30 de mayo, con el aprecio que merece, dado quién fue su autora. Conocí personalmente a Dukas en marzo de aquel mismo año,

con ocasión de la reunión que tuvo lugar en Princeton para celebrar el centenario del nacimiento de Einstein («*A Centennial Symposium to Celebrate the Achievements of Albert Einstein*»). En esa carta, me decía lo siguiente:

> El profesor Einstein había aceptado la cátedra de la Universidad de Madrid, [oferta que le llegó] con el embajador español en Londres, Mr. Ayala, como intermediario. El plan era entonces pasar los meses de verano en Europa, Madrid y París, donde la Sorbona también había creado una cátedra. Sin embargo, resultó que el profesor Einstein, 1) pensó que sería una tarea demasiado agotadora y, como usted sabe, nunca regresó a Europa. 2) También pensó que, con tantos colegas judíos perdiendo sus puestos en la Alemania nazi, debería dejar esos puestos para ellos.

Recurriendo a las cartas depositadas en el Archivo Einstein (utilizamos las copias existentes en la Universidad de Boston), Glick y yo descubrimos que para la cátedra madrileña se barajaron los nombres de Max von Laue (el único de origen no judío; permaneció en Alemania), Max Born, Leopold Infeld, Hans Bethe, Rudolf Peierls, Fritz London, Walter Heitler y Lothar Wolfgang Nordheim, todos físicos de primer nivel (Born y Bethe obtendrían el Premio Nobel). Glick escribió a Bethe (27 de agosto de 1982) y yo a Peierls (8 de octubre de 1982), y les preguntamos si habían llegado a saber algo de esa posibilidad, que había partido en realidad de Born, en una carta que también citamos. Y el 14 de octubre Peierls me respondía:[33]

> Querido Dr. Sánchez-Ron:
>
> Muchas gracias por su interesante carta. La respuesta a su pregunta es que yo no supe que mi nombre había sido mencionado para una cátedra en Madrid y que no fui contactado sobre ello.
>
> Supongo que Max Born, sabiendo que yo no tenía un puesto regular entonces, supuso que yo estaría interesado, y no me dijo nada acerca de ello para no suscitar ninguna falsa esperanza, en caso de que esta sugerencia no llevase a ninguna parte, como aparentemente sucedió.
>
> Estoy tratando de pensar si habría aceptado la invitación en

caso de que se hubiera planteado entonces. Me gustaba España, que había visitado brevemente en 1932, pero podría haber estado preocupado por la dificultad del idioma y por perder contacto con la física moderna.

Por lo que puedo recordar de la historia, septiembre del [19]34 fue antes de la guerra civil española. Si me hubieran invitado y las negociaciones retrasado hasta después de que Franco llegara al poder, ciertamente yo la habría rechazado (y en cualquier caso entonces no se habría confirmado).

Suyo afectísimo,

RUDOLF PEIERLS

Bethe terminó como catedrático en Cornell (Estados Unidos), Peierls en Cambridge después de haberlo sido en Birmingham, Born en Edimburgo, Infeld en Toronto y después en Varsovia, London en Durham, Heitler en Zúrich y Nordheim en la Universidad Duke (Carolina del Norte). La cátedra «Einstein» en Madrid no llegó a existir.

Cartas sobre acciones a distancia relativistas

Mi tesis doctoral (Universidad de Londres, 1978) versó sobre teorías relativistas de acción a distancia. La física y la matemática de una teoría específica (mecánica relativista predictiva) compartieron protagonismo con aspectos filosóficos e históricos del concepto de acción a distancia, del que hablé en el capítulo 8. Después del correspondiente examen para conseguir el grado de doctor (*Ph. D.*, según los usos británicos), uno de los dos examinadores, el profesor Gerald J. Whitrow, catedrático de Historia de las Matemáticas en el Imperial College (el otro era el relativista Felix A. N. Pirani, del King's College), me sugirió que ampliase la parte histórica y filosófica de mi tesis y la presentara para su posible publicación a Oxford University Press; de hecho, él mismo contactó con la editorial y ésta me escribió, mostrando su buena disposición. Animado por todo esto, y desde

Filadelfia (pasé el curso 1978-1979 en la Temple University), escribí una serie de cartas a físicos que, de una manera u otra, se habían relacionado con la física de acciones a distancia. Fueron éstos: Fred Hoyle, Jayant V. Narlikar, Hermann Bondi, Eugene Wigner, John Archibald Wheeler, John Stachel, Olivier Costa de Beauregard y Gilbert N. Plass, además del matemático Ernst G. Straus, antiguo colaborador de Einstein.

Salvo una breve mención en uno de mis trabajos a la carta de Straus, nunca he utilizado esas misivas. Con la necesidad de afianzarme como físico a mi regreso a Madrid, dejé de lado —y bien que me arrepiento— la posibilidad del libro con Oxford University Press.[34] Aprovecho esta ocasión para remediar lo que no hice entonces.

Acciones a distancia: electrodinámica y cosmología

A pesar de lo contraintuitivo del concepto de acción a distancia, dado el éxito de la dinámica newtoniana que se basaba en fuerzas de ese tipo, hasta mediados del siglo XIX no se encontró una alternativa, la de la electrodinámica elaborada por James Clerk Maxwell, en la que la fuerza electromagnética se transmite a través de un medio, un *campo*, continuo. La teoría de la relatividad especial, que exige que las señales (interacciones) físicas no sean instantáneas, pareció dar otro golpe de gracia al concepto newtoniano, pero el desarrollo de la física cuántica planteó problemas, en concreto cuando se intentó formular una electrodinámica cuántica. Al estar definido en todos los puntos de una región espacial, el campo electromagnético posee un número infinito de grados de libertad, y esto conducía a divergencias (infinitos) cuando se intentaba cuantizar la teoría maxwelliana.

Para tratar de evitar este problema, John A. Wheeler y Richard Feynman, que, como señalé en otro capítulo, había sido su doctorando, elaboraron una electrodinámica basada en acciones a distancia *no instantáneas*.[35] Para recuperar los resultados de la electrodinámica maxwelliana, Wheeler y Feynman introdujeron una serie de recursos; el más notable era que las señales (interacciones) implicadas en la transmisión electromagnética eran una combinación de retardadas (iban del pasado al futuro) y avanzadas (procedían del futuro), o, en otras palabras, que cuando un electrón radiaba emitía ondas electromagnéticas, pero también las recibía «del futuro». Era evidente que estas señales avanzadas debían cancelarse, lo que lograban introduciendo una condición en la que el universo constituía un absorbente perfecto.

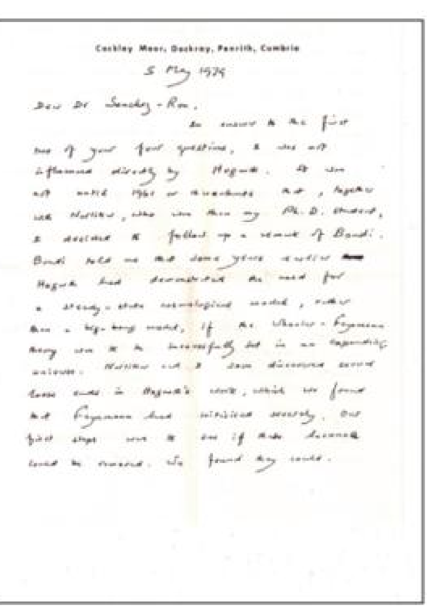
Las ideas de Wheeler y Feynman fueron reelaboradas por el canadiense J. E. Hogarth y retomadas por Fred Hoyle y su doctorando Jayant Narlikar.[36] El punto común a sus planteamientos fue introducir la teoría de Wheeler y Feynman en varios modelos de universo en expansión, tarea que Hoyle y Narlikar relacionaban con el deseo de defender y mejorar la cosmología que Hoyle, por un lado, y Hermann Bondi y Thomas Gold, por otro, habían introducido en 1948 como alternativa a la teoría del *big bang*. Se trataba de la cosmología del estado estacionario (*steady-state cosmology*), en la que el universo no habría tenido principio ni final, una cosmología en la que se asumía el denominado «principio cosmológico perfecto», la tesis de que el universo presenta, salvo irregularidades locales, el mismo aspecto desde cualquier punto del espacio y en

cualquier instante.[37]

Las cartas que recibí de Wheeler, Hoyle, Bondi y Narlikar explicaban lo que hicieron y porqué lo hicieron. Reproduzco aquí las de los tres primeros (la de Narlikar es demasiado extensa), físicos cuya obra he admirado siempre, sin más pretensión que dejar constancia de ellas.

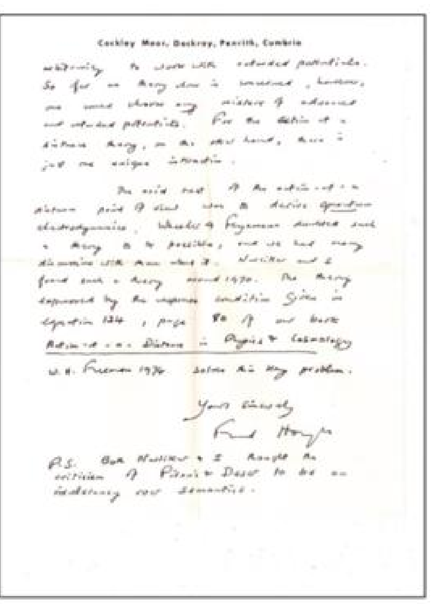


THE INSTITUTE FOR ADVANCED STUDY



Cockley Moor, Dockray, Penrith, Cumbria





Cockley Moor, Dockray, Penrith, Cumbria



THE UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN
AUSTIN, TEXAS [illegible]

Department of Physics

19 June 1978

Mr. J. M. Sanchez-Ron
Department of Physics and Astronomy
University College London
Gower Street
London WC1E 6BT
ENGLAND

VIA AIR MAIL

Dear Mr. Sanchez-Ron:

I have just returned from Spain to find your letter of 17 May with your fascinating questions about Einstein and action-at-a-distance. I had 4 or 5 long discussions with Einstein over the years and remember so well telling him about Feynman's sum over histories and trying, unsuccessfully, to persuade him on that basis to accept quantum theory; but my memory has faded about the discussion with him, I think it was in [illegible], in which he cited the papers of Tetrode and Ritz. His position about new ideas was generally, "yes, that is a perfectly possible position," or "yes, I can see no object of principle against that point of view"; but usually he did not commit himself to being for or against the idea. Pauli said he felt the result of Feynman and myself was more a mathematical trick than real physics.

In further detail: I had the idea of taking action-at-a-distance quite seriously already before I came to Princeton in 1938. I felt that the distinction between the "strong forces" of nuclear physics and electromagnetic forces had been accepted by the community without adequate look at the alternatives. It seemed to me that the radioactive component of the coupling between particles might far outweigh the electrostatic part under conditions of tight confinement and high acceleration such as would be encountered by electrons--if any--in the nucleus. That was the motive for trying to explain radioactive reactions in terms of action-at-a-distance.

The key idea that the amount of the absorber would not matter hit me as I was reflecting on the subject one Sunday afternoon in the study at the west end of my house then at 95 Meadow Road, Princeton. I explained the idea a few days later to Feynman who was working with me then on scattering theory; but was unable to explain where a certain factor 2 came from. That led to his involvement. It added immensely to the depth with which we could discuss the subject.



Page 2
Mr. Sanchez-Ron
19 June 1978

Action-at-a-distance is a wonderful way to describe interaction; but it presupposes, Feynman and I now agree, what we now know is quite a wrong idea of a particle. That is why I gave up my 1948-50 work on action-at-a-distance in gravitation which, however, has illuminating points of view I would warmly hope to see someday expanded and published.

"Nobody gets religious like a reformed drunkard." Nobody took more seriously than I thereafter the idea of Einstein that everything is field; indeed one field: geometry. I have reformed again; but that is another story.

Every good wish to you and warm regards to Professor Pirani.

Sincerely,

John Archibald Wheeler
Director, Center for Theoretical Physics

JAW:[illegible]

Einstein y las acciones a distancia

Una cuestión que me interesaba especialmente era la opinión de Albert Einstein sobre la posibilidad de utilizar acciones a distancia en el contexto de las físicas relativista y cuántica. Y en este punto es preciso recordar un artículo que Erwin Schrödinger, el creador de la mecánica cuántica ondulatoria, publicó (en tres partes) en 1935 en la revista *Die Naturwissenschaften*. En ese trabajo, titulado «La situación actual de la mecánica cuántica», y más conocido porque en él se presentaba el experimento ideal conocido como el «gato de Schrödinger», el autor introdujo una propiedad ya implícita en un artículo publicado por Einstein junto con Boris Podolsky y Nathan Rosen en 1935 y que denominó «*Verschränkung*» («entrelazamiento»).[38] Schrödinger escribió:



UNIVERSITY OF CALIFORNIA, LOS ANGELES

May 11, 1979

Professor J. M. Sanchez-Ron
Department of Physics
Temple University
Philadelphia, PA 19122

Dear Professor Sanchez-Ron:

I worked with Einstein on two action-at-a-distance theories in [illegible]. The first of these was based on the fact that for a Euclidean (or Minkowski) distance [illegible] the function [illegible] is the kernel of a Hermitian integral transform

[illegible]

whose inverse is [illegible]. In other words, the transformation is unitary. Here the constant c depends, of course, on the dimension.

Einstein's idea was to use this property of K as a "field equation" that is to consider the physical distance functions to be those characterized by this unitary property of the integral transform.

The reason for Einstein's abandoning this attempt was my discovery of a large class of solutions, more than he thought physically permissible.

The second attempt was based on various attempts to weaken Cayley's characterization of the Euclidean metric in terms of the algebraic relation among the [illegible] distances between n+1



points in n-dimensional space, that is

[illegible]

As I recall, the problem here was that any weaker algebraic condition seemed to be a very substantial weakening and again did not lead to limited family of solutions that Einstein considered essential for a correct description of physics.

I had delayed answering your letter in the hope that I would get around to writing down the details of the first theory, but I am afraid that this will not be ready very soon.

Sincerely yours,

E. G. Straus

EGS:gp



Princeton University

June 6, 1979

Dr. J.M. Sanchez-Ron
Temple University
Department of Physics
College of Liberal Arts
Philadelphia, Pa. 19122

Dear Dr. Sanchez-Ron:

This is terribly belated reply to your letter of April 17 - I was away from Princeton for a long time. Let me try to answer your questions.

To my knowledge Einstein did not work out the Führungsfeld theory. He mentioned the idea in various conversations and remarks toward the end of his Berlin days but I believe just for the reasons mentioned in my Einstein address, he did not formulate it precisely in mathematical terms. He did think though, I am convinced, that the function of the electromagnetic field is to "guide" the light quanta. He believed in the reality of these more than most everyone else in the first row of the colloquia.

As to the article written with Van Dam. We did want to show that action-at-a-distance does not lead to contradictions as was generally believed. We also realized that any quantity can be eliminated from the equations—that "reality" or "existence" are not clearly defined concepts.

As to present-day field theories, I am a bit skeptical about them since it is realized that positions can not be precisely measured. Also, as I often mention, the article of Bohr and Rosenfeld gave me an impression opposite to that intended by the authors; that field strengths at definite points can not be measured. I hope I answered your questions at least to some degree, even if belatedly.

Yours very sincerely,

E.P. Wigner
Professor of Physics

Cualquier «entrelazamiento de predicciones» [«*Verschränkung der Voraussagen*»] que tenga lugar obviamente sólo puede remontarse al hecho de que en un momento anterior los dos cuerpos formaban en un sentido verdadero *un* sistema, esto es, que estuvieron interaccionando, y dejaron atrás *trazas* el uno en el otro. Si dos cuerpos separados, cada uno de ellos conocidos en sí mismos de forma máxima, entran en una situación en la que se influyen entre sí, y se separan de nuevo, entonces tiene lugar de manera regular lo que acabo de llamar *entrelazamiento* [*verschränkung*] de nuestro conocimiento de los dos cuerpos.

El entrelazamiento que Schrödinger sacaba a la palestra de manera explícita no es sino una manifestación de la *no localidad* de la teoría cuántica. Se trata de una característica extremadamente contraintuitiva, ya que viene a decir que elementos que habían formado parte de un sistema cuántico común continuaban «informados sobre sus devenires», con independencia de cuánto tiempo hubiese pasado y de cuánta distancia les hubiese separado. Parecía como si las viejas acciones a distancia newtonianas reviviesen —de hecho, así ha sido—, con todas las consecuencias y problemas que esto conlleva, sobre todo su acuerdo o no con el límite de velocidad de propagación de información que establece la teoría de la relatividad especial. Y Einstein se dio perfecta cuenta de este problema. Así, en una carta que escribió a Max Born el 3 de marzo de 1947, señalaba:[39]

> No puedo alterar mi actitud sobre la física de manera que tú la consideres razonable. Admito, por supuesto, que existe un considerable grado de validez en el enfoque estadístico, que tú fuiste el primero en reconocer claramente que era necesario dado el esquema del formalismo existente. No puedo creer seriamente en él porque la teoría no se puede reconciliar con la idea de que la física debería representar una realidad en el tiempo y el espacio, libre de fantasmagóricas [*spukhafte Fernwirkung*] acciones a distancia.

Que Einstein pensase esto es razonable, pues, como decía, la «no localidad» se puede entender como que dos elementos que habían formado parte de un mismo sistema «se comunican» de manera instantánea. Sin embargo, un comentario que hizo Ernst Straus en su intervención en el simposio celebrado en Princeton en marzo de 1979 para conmemorar el centenario del nacimiento de Einstein me alertó de que tal vez Einstein intentó desarrollar alguna teoría relativista de

acción a distancia que evitase problemas asociados al concepto de campo.[40] La respuesta de Straus a la carta que le escribí (31 de mayo de 1979) me confirmó que, en efecto, Einstein y él lo intentaron en 1944-1945, aunque finalmente Einstein desechó la idea.[41] Lo poco conocidos que fueron estos intentos queda claro en la respuesta que me dio Eugene Wigner, Premio Nobel de Física, en una carta del 6 de junio de 1979. Reproduzco las cartas de Straus y Wigner por su interés.

He desempolvado estas cartas con un sentimiento agridulce: son testigos de un tiempo —el de quienes las escribieron y el mío propio— que se va perdiendo en las nieblas del pasado, pero, aun así, lo he hecho no tanto para revivir algo de mi propia biografía, sino para honrar la memoria de un instrumento, las cartas escritas en papel, a mano o a máquina, que tantos pensamientos, recuerdos, confidencias, alegrías, dolores, esperanzas o frustraciones albergaron.

Notas

* Mary Oliver, «Lenguadinas (sexta parte)», en *Horas de invierno*, trad. Regina López Muñoz, Errata naturae, Madrid, 2022; edición original en inglés de 1999.

1. Alexander Koyré, *La révolution astronomique: Copernic, Kepler, Borelli*, Hermann, París, 1961, «Avant-propos».

2. René Taton, «Les correspondances scientifiques et l'Histoire de la Science", en *El científico español ante su historia. La ciencia en España entre 1750-1850*, Santiago Garma, coord., Diputación Provincial de Madrid, Madrid (1980, pp. 27-38).

3. Citado en Sulamith Gehr, «The Edition of the Bernoulli Correspondence: A historical overview and insights into the most recent developments", en *Mathematical Correspondences and Critical Editions*, Maria Teresa Borgato, Erwin Neuenschwander e Irène Passeron, eds., Birkhäuser (2018, pp. 49-68); cita en p. 51. Desde hace años está en marcha un proyecto *online*, *Basler Edition der Bernoulli-Briefwechsel*, para producir una edición anotada de la correspondencia de la célebre familia de matemáticos y físicos suizos de los Bernoulli, formada por Jacob I Bernoulli (1654-1705), Johann I Bernoulli (1667-1748), Nicolaus I Bernoulli (1687-1759), Nicolaus II Bernoulli (1695-1726), Daniel I Bernoulli (1700-1782), Johann II Bernoulli (1710-1790), además de Jacob Hermann (1678-1733), un hombre muy unido a los Bernoulli. Se estima que el proyecto incluirá unas cuatro mil cartas con alrededor de cuatrocientos corresponsales. Ver, asimismo, lo que se señala en la nota 13.

4. *Oeuvres complètes de Christiann Huygens*, vol. IV (1662-1663), Société Hollandaise des Sciences-Martinus Nijhoff, La Haya (1891, p. 6). Las *Oeuvres complètes de Christiann Huygens* están compuestas de 22 volúmenes (1888-1950). Huygens aparece con alguna frecuencia en el capítulo 4.

5. Hans Bots, «Etudes des réseaux de correspondances: l'influence du Colloque de Chantilly de 1975», *Archives Internationales d'Histoire des Sciences 57*, 591-599 (2007, cita en p. 597).

6. Existían graduaciones para estos «*Cito*», como «*non celeriter*» o «*sed fulminantissime*».

7. Para más información sobre estos puntos, véase Wolfgang Behringer, «Communications Revolutions: A historiographical concept», *German History 24* (2006, pp. 333-374).

8. Sobre esta Revolución, véase Robert G. Albion, «The Communications Revolution», *American Historical Review 37* (1932, pp. 718-720).

9. Enrique Otte, *Cartas privadas de emigrantes a Indias, 1540-1616*, Consejería de Cultura, Junta de Andalucía-Escuela de Estudios Hispano-Americanos de Sevilla, Sevilla, 1988; en 1993, el Fondo de

Cultura Económica de México publicó una segunda edición.
10. *Ibid.*, p. 147.
11. Debido a la magnitud y variedad de las ediciones de correspondencias, en este estudio introductorio únicamente se mencionan unas pocas, a modo de ejemplos y para apoyar mi argumentación. Los capítulos que siguen, en los que aparecen un amplio número de ediciones de correspondencias publicadas, dan una idea de esa magnitud y variedad.
12. David B. Wilson, ed., *The Correspondence between Sir George Gabriel Stokes and Sir William Thomson, Baron Kelvin of Largs*, dos vols., Cambridge University Press, Cambridge, 1990. B. Baillaud y H. Bourget, eds., *Correspondance d'Hermite et de Stieltjes*, Gauthier-Villars, París, 1905.
13. Al igual que sucede con otros proyectos de edición de correspondencias (véase la nota 3), se ha puesto en marcha una plataforma en línea, la Bernoulli-Euler Online (BEOL), que pretende integrar los trabajos y correspondencia de la dinastía de los Bernoulli y de Euler. Actualmente, incluye la edición de Basilea de la *Bernoulli-Briefwechsel*, la correspondencia de Leonhard Euler con Christian Goldbach (*Leonhardi Euleri Opera Omnia* IVA/IV), y la edición de la correspondencia de Euler con Condorcet y Turgot.
14. En 1968, Johnson Reprint Corporation (Nueva York) publicó una edición facsímil de esta obra.
15. Recordemos que la edición de las obras completas de Galileo, a cargo de Antonio Favaro (1847-1922), fue una «edición nacional»: *Le opere di Galileo Galilei: edizione nazionale sotto gli auspicii di sua maestà il re d'Italia*, veinte vols. publicados en 1890 y 1909. Como testimonio de la estima que Italia tenía a Galileo y de la que surgió la edición nacional de sus obras, citaré una parte del decreto por el que Umberto I, rey de Italia, ordenaba el 20 de febrero de 1887 que se editara y publicara esa edición, y lo citaré en su hermosa lengua original transparente para ojos castellanos: «UMBERTO I, per grazia di Dio e per la volontà della Nazione Re d'Italia:/ Considerando come le ricerche e gli studi, specie dell'ultimo decennio, intorno la vita e gli scritti di Galileo Galilei, affidino ormai di poter condurre degnamente una nuova edizione, integrata e compiuta, delle opere di Lui:/ Considerando di supremo decoro nazionale l'appagare per tal guisa il lungo desiderio degli studiosi, elevando ad un tempo nuovo e durevole monumento di gloria al Genio meraviglioso che creava la filosofia sperimentale;/ Accertato come la molte cure e diligenze richieste dalla importanza e dalle difficoltà del lavoro, richiedano tempo non breve, l'opera assidua di più persone e spesa adeguata;/ Volando dare fino da ora principio di attuazione al nobilissimo disegno, a benefizio degli studi e d'onore d'Italia; […] Abbiamo

decretato decretiamo:/ ART. 1.- Una nuova e compiuta edizione di tutte le opere di Galileo Galilei sarà intrapresa a spese dello Stato e per cura del Ministero di pubblica istruzione, con l'assistenza e col consiglio di nomini preclari nelle scienze e nelle lettere./ ART. 2. Essa edizione sarà compresa in venti volumi in 4º, di pagine cinquecento circa per ogni volume». Finalmente, un tercer artículo especificaba que la edición debería terminarse en diez años y se daban las instrucciones para su financiación. *Per la edizione nazionale delle opere di GALILEO GALILEI sotto gli auspichi di S. M. H. Re d'Italia. Esposizione e disegno di Antonio Favaro*, Tipografía de G. Barbèra, Florencia, 1888.

16. Patrice Bret, «La marque ultime de Reé Taton: l'édition de la *Correspondace* de Lavoisier», *Archives Internationales d'Histoire des Sciences 57* (2007, pp. 607-608).

17. Charles Adam and Gérard Milhaud, *Correspondance de Descartes*, ocho vols., París, 1936-1963. Claude Clerselier, *Lettres de M. Descartes*, tres vols., París, 1657-1667. Léon Roth, *Correspondence of Descartes and Constantyn Huygens 1635–1647*, Oxford, 1926. Erik-Jan Bos, *The Correspondence between Descartes and Henricus Regius*, Utrecht, 2002. Theo Verbeek, Erik-Jan Bos y Jeroen van de Ven, *The Correspondence of Descartes; 1643*, Utrecht, 2003. Jean-Robert Armogathe, *René Descartes. Correspondanc*e, dos vols., París, 2013.

18. Información muy valiosa sobre correspondencias de este período se halla en el «Early Modern Letters Online (EMLO)», del que es responsable el Bodleian Digital Library System and Services de Oxford.

19. Para una visión de conjunto de la actividad de Oldenburg como corresponsal, véase A. Rupert Hall, «Henry Oldenburg et les relations scientifiques au XVIIéme siècle», *Revue d'histoire des sciences et de leurs applications 23* (1970, pp. 285-304).

20. Eric G. Forbes, Lesley Murdin y Frances Willmoth. eds., *The Correspondence of John Flamsteed, first Astronomer Royal*, vol. 1, Institute of Physics Publishing, Bristol (1995, pp. 12-26); cita en p. 12. Con anterioridad a esta edición se publicaron libros que incluían cartas de Flamsteed: Francis Baily, *An account of the Revd. John Flamsteed* (Londres, 1835), obra que incluye, además, tres perfiles autobiográficos que Flamsteed escribió en junio de 1685, junio de 1695 y noviembre de 1707; y S. J. Rigaud, ed., *Correspondence of scientific men of the seventeenth century* (Oxford, 1841). Asimismo, en las ediciones de las correspondencias de Henry Oldenburg y de Isaac Newton, citadas en capítulos de este libro, aparecen cartas del astrónomo real.

21. La lista de los *fellows* de la Royal Society durante el siglo XVII se incluye en Michael Hunter, *The Royal Society and Its Fellows 1660-1700. The Morphology of an Early Scientific Institution*, The British Society for the History of Science, Chalfont St Giles, 1985.

22. Eran pocos entonces en Inglaterra los que ostentaban oficialmente el título de astrónomos: el *Savilian professor* de Astronomía en Oxford y el *Graham professor* de Astronomía de Londres; algunos escasos *fellows* de la Royal Society; individuos que tenían los medios y la inclinación para comprar instrumentos astronómicos, y algunos astrólogos y compiladores de almanaques, que en ocasiones hacían observaciones.
23. En Inglaterra no existía por entonces ningún observatorio; los únicos modelos que se pudo haber seguido para la construcción del de Greenwich eran el observatorio privado de Johannes Hevelius en Danzig, el recientemente construido Observatorio de París o las imágenes históricas del que construyó Tycho Brahe en la isla danesa de Hven.
24. El ya citado libro, *Mathematical Correspondences and Critical Editions*, contiene varios artículos que tratan de ediciones de correspondencias de D'Alembert, Condorcet y Lagrange, además de las de otros científicos.
25. No hay que olvidar que algunos ilustrados como Voltaire, que tanto escribió sobre los derechos humanos, la libertad y la fraternidad, se afanó por vivir con el mayor lujo posible, se relacionó con aristócratas e hizo negocios que implicaban la utilización de esclavos. Gonzalo Pontón ha estudiado la desigualdad en el Siglo de las Luces en su *La lucha por la desigualdad*, Pasado & Presente, Barcelona, 2016.
26. Monge conoció a Napoleón cuando era ministro, un joven y desconocido oficial por entonces. Parece que le hizo un pequeño favor burocrático que el futuro emperador no olvidó. Durante la Revolución, Monge estuvo encargado del almacenamiento de pólvora y armamento en el arsenal nacional, que se encontraba casi vacío, pero fue capaz de convencer al pueblo francés para que donase objetos como relojes o campanas para fabricar municiones, y junto a otro notable químico, Claude Louis Berthollet, logró que se fabricase rápidamente y en abundancia salitre, un componente esencial de la pólvora. Sobre la relación entre los científicos franceses y el poder político en esa época, véase Nicole y Jean Dhombres, *Naissance d'un nouveau pouvoir: sciences et savants en France (1793-1824)*, Éditions Payot, París, 1989; Charles Coulston Gillispie, *Science and Polity in France. The Revolutionary and Napoleonic Years*, Princeton University Press, Princeton, 2004, y José Manuel Sánchez Ron, *Ciencia, política y poder: Napoleón, Hitler, Stalin y Eisenhower*, Fundación BBVA, Madrid (2010, cap. 2).
27. François Arago, «Gaspar Monge». *Oeuvres de François Arago*, vol. II («Notices biographiques»), Gide y J. Baudry, París (1854, pp. 427-592).
28. Citado en Patrice Bret, «Images d'un savant jacobin: les lettres de Monge en Italie et en Egypte, 1796-1799», *Archives Internationales*

d'Histoire des Sciences 57 (2007, pp. 571-590); cita en p. 580.
29. En la sesión del 22 de mayo de 1815 de la Académie des Sciences, se leyó una carta del ministro del Interior (Carnot) en la que anunciaba a la corporación que, por orden del emperador, se habían adquirido los manuscritos de Lagrange, que iban a ser depositados en el Instituto de Francia y que se nombraría una comisión para ordenar y controlar su publicación.
30. En el *Darwin Correspondence Project* en línea, se puede obtener prácticamente toda la información sobre la correspondencia del autor de *The Origin of Species*.
31. Karin Blanc, *Pierre Curie. Correspondances*, Éditions Monelle Hayot, Saint-Rémy-enl'Eau (2009, p. 644).
32. Véase Catherine Goldstein, «Hermite and Lipschitz: a correspondence and its echoes», en *Mathematical Correspondences and Critical Editions*, *op. cit.*, pp. 167-193.
33. En el capítulo 42 me ocupo de un apartado de la relación que mantuvieron Poincaré y Felix Klein.
34. *Correspondance d'Hermite et de Stieltjes*, *op. cit.*, pp. 74-75.
35. La nota de Stieltjes apareció allí con fecha del 31 de diciembre de 1883 con el título «Sur le nombre de décompositions d'un entier en cinq carrés».
36. En el capítulo 42 me refiero a la creación de *Acta Mathematica*.
37. Marc Barbut, Bernard Locker y Laurent Mazliak, eds., *Paul Lévy and Maurice Fréchet. 50 Years of Correspondence in 107 Letters*, Springer (2014, pp. 136-137); version original en francés de 2004.
38. Rudolf Peierls, *Bird of Passage*, Princeton University Press, Princeton (1985, pp. 153 y ss.).
39. Sabine Lee, *Sir Rudolf Peierls. Selected Private and Scientific Correspondence*, vol. I., World Scientific, Singapur (2007, pp. 182-185).
40. Tal y como terminó sabiéndose, en la desintegración beta el electrón emitido procede de la transformación de un neutrón del núcleo en un protón, más el electrón en cuestión y, como se comprobó finalmente y Pauli preveía, un (anti)neutrino. La carta en cuestión decía lo siguiente: «Zúrich, 4 de diciembre de 1930./ Instituto de Física del Instituto Federal de Tecnología (ETH), Zúrich./ Queridas señoras y señores radiactivos:/Como les explicará de manera más exacta el portador de estas líneas, al que les pido escuchen atentamente, considerando la "falsa" estadística de los núcleos del N-14 y del Li-6, al igual que el espectro continuo ß, he dado con un remedio desesperado para salvar el "teorema de intercambio" de estadística, al igual que el teorema de la energía. A saber, es posible que puedan existir en los núcleos partículas eléctricamente neutras, que deseo llamar neutrones, que poseen espín 1/2 y obedecen al principio de exclusión, y además difieren de los cuantos de luz en que

no viajan con la velocidad de la luz. La masa del neutrón debe ser del mismo orden de magnitud que la masa del electrón y, en cualquier caso, no mayor que 0,01 la masa del protón. El espectro continuo ß se podría comprender entonces suponiendo que en la desintegración ß se emite un neutrón con el electrón, de tal forma que la suma de las energías del neutrón y el electrón es constante». Obsérvese que Pauli empleaba el nombre «neutrón» para una partícula hipotética que no tiene nada que ver con lo que ahora llamamos neutrón. Pero es que Pauli propuso aquel nombre en 1930, y el neutrón «auténtico» se descubrió más tarde, en 1932. Y, además, entonces Pauli no defendió su propuesta con gran vehemencia. Fue Fermi quien introdujo en 1933 el término «neutrino» (en italiano, «pequeño neutrón»).

41. S. Lee, *Sir Rudolf Peierls. Selected Private and Scientific Correspondence*, vol. I, *op. cit.*, p. 325.

42. Durante el curso 1978-1979 en el que investigué e impartí clases en la Temple University de Filadelfia, pasé muchos días consultando esos materiales, que me han servido, y servirán, para algunos de mis trabajos sobre la historia de la física. Existen copias en microfilm de este repositorio en diversas universidades.

43. Agradezco al profesor John Stachel, distinguido experto en la teoría de la relatividad general, al igual que en su historia (fue el editor de los dos primeros volúmenes de *The Collected Papers of Albert Einstein*, el segundo junto a David Cassidy, Jürgen Renn y Robert Schulmann), el que me proporcionase copia de esta carta.

44. La carta se publicó en esa biografía: A. Vibert Douglas, *The Life of Arthur Stanley Eddington*, Thomas Nelson and Sons, Londres (1956, p. 56).

45. Arthur Eddington, *La naturaleza del mundo físico*, Editorial Sudamericana, Buenos Aires, 1945; trad. de Carlos María Reyles, pp. 296-300.

46. Eddington, *La filosofía de la ciencia física*, Editorial Sudamericana, Buenos Aires, 1944; trad. de Carlos E. Prélat y Alberto L. M. Lelong, pp. 208-210.

47. Arthur Eddington, *Relativity Theory of Protons and Electrons*, Cambridge University Press, Cambridge (1936, p. 327).

48. *Ibid.*, p. 5.

49. He tratado de ser cuidadoso e incluir el nombre de los traductores al castellano, cuando estas traducciones existían; en los restantes casos, yo soy el responsable. Para no hacer demasiado engorrosa la lectura, no he indicado los idiomas en que fueron escritas originalmente, salvo unos pocos casos, especialmente en los que el idioma no coincidía con el materno que se supone al autor.

* Antonio Favaro, dir., *Le Opere di Galileo Galilei. Carteggio 1574-1610*, Edizione Nazionale, vol. X, Tipografia di G. Barbèra, Florencia, 1900.

Víctor Navarro, ed., *Galileo*, Ediciones Península, Barcelona, 1991.
* Antonio Favaro, dir., *Le Opere di Galileo Galilei. Carteggio 1629-1632*, Edizione Nazionale, vol. XIV, Tipografia di G. Barbèra, Florencia, 1904. Víctor Navarro, ed., *Galileo*, Ediciones Península, Barcelona, 1991. Giorgio de Santillana, *The Crime of Galileo*, The University of Chicago Press, Chicago, 1955. Dava Sobel, *La hija de Galileo*, Debate, Madrid, 1999. Dava Sobel, *Letters to Father. Suor Maria Celeste to Galileo, 1623-1633*, Walker & Company, Nueva York, 2001.
1. Mersenne fue un activo corresponsal que mantuvo correspondencia, además de con Descartes, con personajes como Galileo, Hobbes y Leibniz. Entre 1932 y 1988, editada y anotada por Cornelis De Waard con Rene Pintard, B. Rochot y A. Beaulieu, se publicó su correspondencia en 17 volúmenes: *Correspondance du P. Marin Mersenne, religieux minime*, PUF y CNRS, París.
2. Galileo no fue el único que observó manchas en el Sol. Además de Scheiner y Galileo, también las observaron Thomas Harriot en Inglaterra y Johann Goldsmid en Holanda (existen registros más antiguos que indican que las manchas solares habían sido identificadas mucho antes). Scheiner pensaba que las manchas eran pequeños satélites como los que Galileo había observado en torno a Júpiter. El problema de la naturaleza de esas manchas se mantuvo en estado de, podríamos decir, hibernación durante mucho tiempo y se recuperó durante la segunda mitad del siglo XIX, cuando fueron asociadas a las tormentas magnéticas que se producen en la Tierra.
* Ch. Adam y G. Milhaud, *Descartes. Correspondance*, tomo I, Librairie Félix Alcan, París (1936, pp. 239-240 y pp. 241-243). Descartes, *Oeuvres et Lettres*, textos presentados por André Bridoux, Éditions Gallimard, París, 1999, volumen nº. 40 de la «Bibliothèque de la Pléiade». Galileo Galilei, *Cartas sobre las manchas solares*, extractos reproducidos en V. Navarro, ed., *Galileo*, Península, Barcelona (1991, pp. 58-59).
3. *Spagiria* era sinónimo de *alquimia*. La palabra *spagyria* proviene de las raíces griegas «sacar, extraer, separar» y «reunir», dos raíces etimológicas en las que se encuentran los dos conceptos u operaciones fundamentales de la química: el análisis y la síntesis. Es oportuno recordar también que el subtítulo de *The Sceptical Chymist* era *Or Chymico-Physical Doubts & Paradoxes, Touching the Experiments whereby vulgar Spagirists are won to Endeavour to Evince their Salt, Sulphur and Mercury to be the True Principles of Things* (*O las dudas y paradojas químico-físicas relativas a los experimentos mediante los cuales los vulgares espagiristas se dedican a intentar hacer de la sal, sulfuro y mercurio los verdaderos principios de las cosas*).
4. La correspondencia de Christiaan Huygens que se ha conservado ronda las 4.000 cartas, cuyas transcripciones se pueden consultar en

ePistolarium. El 63 % de esas cartas están en francés, el 25,9 % en latín y el 7,8 % en holandés.

* E. Rupert Hall y Marie Boas Hall, eds. y traductores, *The Correspondence of Henry Oldenburg*, vol. I (1641-1662), The University of Wisconsin Press, Madison, 1965. E. Rupert Hall y Marie Boas Hall, eds. y traductores, *The Correspondence of Henry Oldenburg*, vol. II (1663-1665), The University of Wisconsin Press, Madison, 1966. E. Rupert Hall y Marie Boas Hall, eds. y traductores, *The Correspondence of Henry Oldenburg*, vol. III (1666-1667), The University of Wisconsin Press, Madison, 1966. E. Rupert Hall y Marie Boas Hall, eds. y traductores, *The Correspondence of Henry Oldenburg*, vol. VIII (1671-1672), The University of Wisconsin Press, Madison, 1971. E. Rupert Hall y Marie Boas Hall, eds. y traductores, *The Correspondence of Henry Oldenburg*, vol. IX (1672-1673), The University of Wisconsin Press, Madison, 1973. La correspondencia de Oldenburg ocupa trece volúmenes, el último publicado en 1986. Philip Beeley y Christoph J. Scriba, eds., *Correspondence of John Wallis (1616-1703)*, vol. II (1660-septiembre de 1668), Oxford University Press, Oxford, 2005. Michael Hunter, *The Royal Society and its Fellows 1660-1700*, The British Society for the History of Science, Loughborough, 1985. Baruj Spinoza, *Correspondencia*, Atilano Domínguez, editor y traductor, Guillermo Escolar Editor, Madrid, 2020. Marie Boas Hall, *Henry Oldenburg. Shaping the Royal Society*, Oxford University Press, Oxford, 2002.

* Clifford Dobell, *Antony van Leeuwenhoek and His 'Little Animals'*, Russell & Russell, Nueva York, 1958. A. Rupert Hall y Marie Boas Hall, eds., *The Correspondence of Henry Oldenburg*, vol. IX (1672-1673), The University of Wisconsin Press, Madison, 1973.

* H. W. Turnbull, ed., *The Correspondence of Isaac Newton*, vol. III (1688-1694), Cambridge University Press para la Royal Society, Cambridge, 1961. John Maynard Keynes, «Newton, the man», en *Essays in Biography*, vol. X de *The Collected Writings of John Maynard Keynes*, Macmillan/Cambridge University Press, Cambridge (1985, pp. 363-374), cita en pp. 363-364.

* H. W. Turnbull, ed., *The Correspondence of Isaac Newton*, vol. II (1676-1687), Cambridge University Press para la Royal Society, Cambridge, 1960. Charles Richard Weld, *A History of the Royal Society, with Memoirs of the Presidents Compiled from Authentic Documents*, dos vols., John W. Parker, Londres, vol. I (1848, p. 307). La correspondencia de Newton fue publicada por Cambridge University Press en siete volúmenes entre 1959 y 1977.

* Eloy Rada, ed. y traductor, *La polémica Leibniz-Clarke*, Taurus, Madrid, 1980. H. W. Turnbull, ed., *The Correspondence of Isaac Newton*, vol. III (1688-1694), Cambridge University Press, Cambridge,

1961. Isaac Newton, *Principios matemáticos de la filosofía natural*, traducción de Eloy Rada (Alianza Editorial, Madrid, 1987).

* René Descartes, *Los principios de la filosofía*, traducción de Guillermo Quintás, Alianza Editorial, Madrid, 1995. Voltaire, *Cartas inglesas*, Ediciones Felmar, Madrid, 1975. Mary Terral, *The Man who Flattened the Earth. Maupertuis and the Sciences in the Englightment*, The University of Chicago Press, Chicago, 2002. Adolf P. Juskevic y René Taton, eds., *Correspóndance de Leonhard Euler avec A. C. Clairaut, J. D'Alembert et J. L. Lagrange*, Birkhäuser Verlag, Basilea, 1980. Euler, *Lettres à une Princesse d'Allemagne sur divers sujets de Physique et de Philosophie*, en *Oeuvres complétes en français de L. Euler*, dos vols., Établissemént Géographique prés la Porte de Flandre, Bruselas, 1839. Clifford Truesdell, *Ensayos de historia de la mecánica*, Tecnos, Madrid, 1975; edición original en inglés de 1968. José Manuel Sánchez Ron, «Euler, entre Descartes y Newton», en Alberto Galindo y Manuel López Pellicer, eds., *La obra de Euler*, Instituto de España, Madrid, 2009.

* Roger Hahn, ed., *Correspondance de Pierre Simon Laplace (1749-1827)*, dos vols., Brepols, Turnhout, Bélgica, 2013. *Correspóndance de Napoleón*, tomo XI, Plon-Dumaine, París, 1858-1869. Voltaire, *Cartas inglesas*, Ediciones Felmar, Madrid, 1975. Charles Coulston Gillispie, *Pierre-Simon Laplace, 1749-1827. A Life in Exact Science*, Princeton University Press, Princeton, 1997.

* Christ Talbot, ed., *David Bohm. Causality and Chance, Letters to Three Women*, Springer, 2017. H. A. Brück, G. V. Coyne y M. S. Longair, eds., Juan Pablo II, «Allocution of His Holiness John Paul II», en *Astrophysical Cosmology. Proceedings of the Study Week on Cosmology and Fundamental Physics*, Pontificia Academia Scientiarum, Ciudad del Vaticano, 1982. Fred Hoyle, «A new model for the expanding universe», *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 108* (1948, pp. 372-382). Brenda Maddox, *Rosalind Franklin. The dark lady of DNA*, HarperCollins Publishers, Nueva York, 2002. Howard Markel, *El secreto de la vida*, trad. de José C. Valdés, La Esfera de los Libros, Madrid, 2022; versión original en inglés de 2021.

* Patrice Bret, ed., *Oeuvres de Lavoisier, Correspondence*, vol. VI (1789-1791), Académie des Sciences-Librairie Albert Blanchard, París, 1997. Patrice Bret, ed., *Oeuvres de Lavoisier, Correspondence*, vol. VII (1792-1794), Académie des Sciences-Éditions Hermann, París, 2012. Édouard Grimaux, *Lavoisier, 1743-1794, d'aprés sa correspondance, ses manuscrits, ses papiers de famille et d'autres documents inédits*, Félix Alcan, Éditeur, París, 1888.

* Nathan G. Goodman, ed., *The Ingenious Dr. Franklin. Selected Scientific Letters of Benjamin Franklin*, University of Pennsylvania Press, Filadelfia, 1956. Neil Chambers, ed., *The Letters of Sir Joseph Banks. A Selection, 1768-1820*, Imperial College Press, Londres, 2000. Robert E.

Schofied, ed., *A Scientific Autobiography of Joseph Priestley (1773-1804). Selected Scientific Correspondence*, The M.I.T. Press, Cambridge, Massachusetts, 1966. Walter Isaacson, *Benjamin Franklin. An American Life*, Simon & Schuster, Nueva York, 2003. Benjamín Franklin, *Autobiografía y otros escritos*, Editora Nacional, Madrid, 1982. Benjamín Franklin, *Experimentos y observaciones sobre electricidad.*, trad. de Joaquín Summers Gámez, Alianza Editorial, Madrid, 1988.

5. En 1797, William Nicholson había fundado en Inglaterra una nueva revista científica, *A Journal of Natural Philosophy, Chemistry and the Arts*, de la que fue su editor hasta 1814.

* Thomas Jefferson, *Escritos políticos. Declaración de Independencia, Autobiografía, Epistolario…*, Jaime de Salas, ed., trad. de Antonio Escohotado y Manuel Sáenz de Heredia, Tecnos, Madrid, 2014. I. Bernard Cohen, *Science and the Founding Fathers*, W. W. Norton, Nueva York, 1995. A. Hunter Dupree, *Science in the Federal Government*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1986; primera edición de 1957. Robert E. Schofield, ed., *A Scientific Autobiography of Joseph Priestley (1733-1804). Selected Scientific Correspondence*, The M.I.T. Press, Cambridge, Massachusets, 1966.

* Guillermo Hernández de Alba, dir., *Archivo epistolar del sabio naturalista don José Celestino Mutis*, tomo I, Editorial Kelly, Bogotá, 1968. Guillermo Hernández de Alba, dir., *Archivo epistolar del sabio naturalista don José Celestino Mutis*, tomo III («Cartas al sabio Mutis. Letras A-G»), Editorial Kelly, Bogotá, 1975. Guillermo Hernández de Alba, dir., *Archivo epistolar del sabio naturalista don José Celestino Mutis*, tomo IV («Cartas al sabio Mutis. Letras H-Z»), Editorial Kelly, Bogotá, 1978.

* M. de la Roquette, ed., *Humboldt. Correspondance scientifique et littéraire*, E. Ducrocq, Librarie, París, 1865. Alexander von Humboldt, *Cartas americanas*, Biblioteca Ayacucho, Caracas, 1980. Alexander von Humboldt, *Briefe aus Amerika, 1799-1804*, Ulrike Moheit, ed., Akademie Verlag, Berlín, 1993. Johann P. Eckermann. *Conversaciones con Goethe*, edición de Rosa Sala Rose, Acantilado, Barcelona, 2005. Frederick Burkhardt y Sydney Smith, eds., *The Correspondence of Charles Darwin*, vol. 1 (1821-1836), Cambridge University Press, Cambridge, 1985. Charles Darwin, *Autobiografía*, Laetoli, Pamplona, 2009. I. Todhunter, *William Whewell, D. D. An Account of His Writings with Selections from His Literary and Scientific Correspondence*, vol. I, MacMillan and Co., Londres, 1876.

6. «Geological notes made during a survey of the east and west coasts of South America», *Proceedings of the Geological Society of London 2* (1835, pp. 210-212).

7. A pesar de la incapacidad que le acosó, su vida —más bien, su reclusión, ya que terminó viajando muy poco— en Down fue un

prodigio de laboriosidad. Es cierto que toda la familia le ayudaba, así como la servidumbre. Además, se benefició de la correspondencia como pocos científicos han hecho a lo largo de la historia. Escribió o recibió, recuérdese, ya lo señalé en la «Introducción», unas 14.000 cartas que se conservan en bibliotecas de todo el mundo, y debió de haber otras tantas que se han perdido.

* Frederick Burkhardt y Sydney Smith, eds., *The Correspondence of Charles Darwin*, vol. 1 (1821-1836), Cambridge University Press, Cambridge, 1985. Frederick Burkhardt y Sydney Smith, eds., *The Correspondence of Charles Darwin*, vol. 2 (1837-1843), Cambridge University Press, Cambridge, 1986. Frederick Burkhardt y Sydney Smith, eds., *The Correspondence of Charles Darwin*, vol. 3 (1844-1846), Cambridge University Press, Cambridge, 1987. Frederick Burkhardt y Sydney Smith, eds., *The Correspondence of Charles Darwin*, vol. 5 (1851-1855), Cambridge University Press, Cambridge, 1989. Frederick Burkhardt, ed., *Cartas de Darwin (1825-1859)*, trad. de Ana María Rubio Díez, Cambridge University Press, Madrid, 1999. Nora Barlow, ed., *The Autobiography of Charles Darwin*, Collins, Londres, 1958 (hay trad. cast.: Charles Darwin, *Autobiografía*, trad. de José Luis Gil Aristu, Laetoli, Pamplona, 2009. P. Barret, P. Gautrey, S. Herbert, D. Kohn y S. Smith, eds., *Charles Darwin's Notebooks 1836-1844*, Nueva York, 1987.

* Nora Barlow, ed., *The Autobiography of Charles Darwin*, Collins, Londres, 1958 (hay trad. cast.: Charles Darwin, *Autobiografía*, trad. de José Luis Gil Aristu, Laetoli, Pamplona, 2009. Frederick Burkhardt, Duncan M. Porter, Janet Browne y Marsha Richmond, eds., *The Correspondence of Charles Darwin*, vol. 8 (1860), Cambridge University Press, Cambridge, 1993. Frederick Burkhardt y Sydney Smith, eds., *The Correspondence of Charles Darwin*, vol. 2 (1837-1843), Cambridge University Press, Cambridge, 1986.

* James Marchant, *Alfred Russel Wallace. Letters and Reminiscences*, Harper & Brothers Publishers, Nueva York, 1916. Frederick Burkhardt, ed., *Cartas de Darwin (1825-1859)*, trad. de Ana María Rubio Díez, Cambridge University Press, Madrid, 1999. Alfred Russel Wallace, *My Life. A Record of Events & Opinions*, Chapman & Hall, Londres, 1905. Charles Darwin y Russel Wallace, *La teoría de la evolución de las especies*, Fernando Pardos, ed., Crítica, Barcelona, 2006.

* Leonard Huxley, ed., *Life and Letters of Thomas Henry Huxley*, vol. I, MacMillan, Londres, 1900. K. M. Lyell, ed., *Life, Letters and Journals of Sir Charles Lyell*, vol. II, John Murray, Londres, 1881. Frederick Burkhardt y Sydney Smith, eds., *The Correspondence of Charles Darwin*, vol. 5 (1851-1855), Cambridge University Press, Cambridge, 1989. Frederick Burkhardt y Sydney Smith, eds., *The Correspondence of Charles Darwin*, vol. 7 (1858-1859), Cambridge University Press,

Cambridge, 1991. Frederick Burkhardt, Duncan M. Porter, Janet Browne y Marsha Richmond, eds., *The Correspondence of Charles Darwin*, vol. 8 (1860), Cambridge University Press, Cambridge, 1993.

* J. H. Bennet, ed., *Natural Selection, Heredity, and Eugenics. Including Selected Correspondence of R. A. Fisher with Leonard Darwin and Others*, Clarendon Press, Oxford, 1983. R. A. Fisher, *The Genetical Theory of Natural Selection*, editado con introducción y notas por Henry Bennet, Oxford University Press, Oxford, 2007.

* M. C. Harding, ed., *Correspondance de H. C. Ørsted avec divers savants*, vol. II, H. Aschehoug & Co., Copenhague, 1920. James A. J. L. Frank, ed., *The Correspondence of Michael Faraday*, vol. 5 (1855-1860), Institution of Engineering and Technology, Londres, 2008. L. De Launay, ed., *Correspondance du Grand Ampère*, vol. II, Gauthier-Villars, París, 1936. François Arago, «Alexandre Volta», *Oeuvres de François Arago*, vol. I («Notices biographiques»), Gide y J. Baudry, París, 1854. Dan Ch. Christiansen, *Hans Christian Ørsted. Reading Nature's Mind*, Oxford University Press, Oxford, 2013. Alessandro Volta, «On the electricity excited by the mere contact of conducting substances of different kinds», *Philosophical Magazine 7* (1800, pp. 289-311).

* P. M. Harman, ed., *The Scientific Letters and Papers of James Clerk Maxwell*, tres vols., Cambridge University Press, Cambridge, 1990, 1995, 2002. Joseph Larmor, ed., *Origins of Clerk Maxwell's Electric Ideas*, Cambridge University Press, Cambridge, 1937. Lewis Campbell y William Garnett, *The Life of James Clerk Maxwell, with a Selection from his Correspondence*, Macmillan, Londres, 1882. Albert Einstein, «Maxwell's influence on the development of the conception of physical reality», en *James Clarck Maxwell. A Conmemoration Volume,* Cambridge University Press, Cambridge (1931, pp. 66-73).

* *Heinrich Hertz. Erinnerungen-Briefe-Tagebücher/Memoirs-Letters-Diaries*, Physik Verlag/San Francisco Press, Weinheim/San Francisco, 1977. Arthur Schuster, *The Progress of Physics during 33 years, 1875-1908*, Cambridge University Press, Cambridge, 1911.

* Oliver Lodge, *Past Years. An Autobiography*, Charles Scribners's Sons, Nueva York, 1932. J. Arthur Hill, compilador y editor, *Letters from Sir Oliver Lodge. Psychical, Religious, Scientific and Personal*, Cassell, Londres, 1932. Oliver Lodge, *My Philosophy. Representing my Views on the many functions of the Ether of Space*, Ernest Benn, Londres, 1933. Alfred Russel Wallace, *My Life. A Record of Events & Opinions*, vol. II, Chapman & Hall, Londres, 1905. Barbara J. Becker, ed., *Selected Correspondence of William Huggins*, vol. 1 (1859-1889), Pickering & Chatto, Londres, 2014. Arthur Conan Doyle, *Historia del espiritismo*, trad. de E. D. Retg, Editorial Eyras, Fuenlabrada, 1983; edición original en inglés de 1926. J. J. Thomson, *Recollections and Reflections*, G. Bell and Sons, Londres, 1936. Robert John Strutt, *The Life of John*

William Strutt, Third Baron Rayleigh, O. M., F.R.S., The University of Wisconsin Press, Madison, Milwaukee, 1968.

* Silvanus P. Thompson, *The Life of William Thomson, Baron Kelvin of Largs*, vols. 1 y 2, MacMillam, Londres, 1910.

8. Kelvin añadió aquí una nota a pie de página que rezaba: «Es decir, la indicación del electrómetro cuando su caja de metal y el electrodo aislado están conectados».

* David B. Wilson, ed., *The correspondence between Sir George Gabriel Stokes and Sir William Thomson, baron Kelvin of Largs,* vol. 2 (1870-1901), Cambridge University Press, Cambridge, 1990.

* Eva Curie, *La vida heroica de María Curie, descubridora del radio*, Espasa-Calpe, Madrid, 1960; primera edición francesa de 1938. Marie Curie, *Escritos autobiográficos*, Xavier Roqué, ed., Edicions UAB, Bellaterra, 2011.

* Pierre Curie, *Correspondances*, Karin Blanc, ed., Éditions Monelle Hayot, Saint-Rémy-en-l'Eau, 2009. Philippe Nabonnand, ed., *La correspondance entre Henri Poincaré et Gösta Mittag-Leffler*, Birkhäuser, Basilea, 1999. Elisabeth Crawford, J. L. Heilbron y Rebecca Ullrich, *The Nobel Population, 1901-1937. A census of the nominators and nominees for the Prizes in Physics and Chemistry*, Office of the History of Science and Technology, University of California, Berkeley y Office for History of Science, Uppsala University, 1987. Marie Curie, *Escritos autobiográficos*, Xavier Roqué, ed., Edicions UAB, Bellaterra, 2011.

* Lawrence Badash, ed., *Rutherford and Boltwood. Letters on Radioactivity*, Yale University Press, New Haven, 1969. Marie Curie, *Traité de Radioactivité*, dos vols., Gauthier-Villars, París, 1910. Martin J. Klein, Anne J. Kox y Robert Schulmann, eds., *The Collected Papers of Albert Einstein*, vol. 5 (*The Swiss Years: Correspondence, 1902-1914*), Princeton University Press, Princeton, 1993. Eva Curie, *La vida heroica de María Curie, descubridora del radio*, Espasa-Calpe, Madrid, 1960; primera edición en francés de 1938. Marie Curie e Irène Curie, *Curie correspondance. Choix de lettres (1905-1934)*, Les Éditeurs Français Réunis, París, 1974.

* J. L. Heilbron, *H. G. J. Moseley. The Life and Letters of an English Physicist, 1887-1915*, University of California Press, Berkeley, 1974. Lawrence Badash, ed., *Rutherford and Boltwood. Letters on Radioactivity*, Yale University Press, New Haven, 1969.

* Robin Keen, *The Life and Work of Friedrich Wöhler (1800-1882)*, Johannes Büttner, ed., Verlag Traugott Bautz GmbH, Nordhausen, 2005. William H. Brock, *Justus von Liebig. The Chemical Gatekeeper*, Cambridge University Press, Cambridge, 1997. Hermann von Helmholtz, «An autobiographical sketch», en Hermann von Helmholtz, *Science and Culture. Popular and Philosophical Essays*, David Cahan, ed., The University of Chicago Press, Chicago (1995, pp. 381-392).

* Frederic L. Holmes, «The complementary of teaching and research in Liebig's laboratory», *Osiris 5* (1989, pp. 121-164). William H. Brock, *Justus von Liebig. The Chemical Gatekeper*, Cambridge University Press, Cambridge, 1997.
* Pasteur, *Correspondance*, reunida y anotada por Pasteur Vallery-Radot: *Lettres de jeunesse. L'étape de la cristallographie (1840-1857)*, vol. 1, Grasset, París, 1946; *La seconde étape fermentations, générations spontanées, maldies des vins, des vers a soie, de la bière (1857-1877)*, vol. 2, Flammarion, París, 1951; *L'étape des maladies virulentes: virus-vaccins du choléra des poules, du charbon, du rouget, de la rage (1877-1884)*, vol. 3, Flammarion, París, 1951; *L'étape des maladies virulentes (suite): vaccination del'homme contre la rage. Dernières années (1885-1895)*, vol. 4, Flammarion, París, 1951. María José Báguena y Eugenio Portela, eds., *Pasteur*, Península, Barcelona, 1988.
* Rudolf Virchow, *Letters to His Parents, 1839 to 1864*, Science History Publications, Canton, Ma, 1990. Erwin H. Ackerknecht, *Rudolf Virchow. Doctor-Statesman-Anthropologist*, The University of Wisconsin Press, Madison, 1953.
9. Lorente de No se encontraba ya, desde el otoño de 1931, en Estados Unidos. Había aceptado la jefatura del laboratorio para el estudio de los centros acústicos cerebrales de Central Institute for the Deaf (Instituto Central para los Sordos) de St. Louis, Misuri, lo que disgustó mucho a Cajal. Desde entonces su carrera profesional se desarrolló, con gran éxito, en Estados Unidos.
* Juan Fernández Santarén, *Santiago Ramón y Cajal. Epistolario*, La Esfera de los Libros, Madrid, 2014. José Manuel Sánchez Ron, «Cajal y la comunidad neurocientífica internacional», en *Santiago Ramón y Cajal. Premio Nobel 1906*, Juan Fernández Santarén, ed., Sociedad Estatal de Conmemoraciones Culturales, Madrid (2006, pp. 173-201). Santiago Ramón y Cajal, *Recuerdos de mi vida*, 3.ª edición, Imprenta de Juan Pueyo, Madrid, 1923. Agustín Albarracín, *Santiago Ramón y Cajal o la pasión de España*, Editorial Labor, Barcelona, 1978.
10. Steinig conservó los originales de las dos cartas. En 1977, una fundación se los compró para una institución educativa, y el 11 el diciembre de 1990, Sotheby's de Nueva York las sacó a subasta, estimando el precio, según el catálogo de la subasta, entre 150.000 y 250.000 dólares. No se especificaba cuáles eran la fundación y la institución educativa en cuestión.
* Nicolás Caparrós Sánchez, ed., *Edición crítica de la correspondencia de Freud establecida por orden cronológico*, tomo I («1871-1876. La prehistoria del psicoanálisis»), Quipú Ediciones, Madrid, 1995. Nicolás Caparrós Sánchez, ed., *Edición crítica de la correspondencia de Freud establecida por orden cronológico*, tomo II («1887-1909. El descubrimiento del inconsciente»), Quipú Ediciones, Madrid, 1995.

The UNESCO Courier. Many Voices, one World, mayo de 1985. Ingeborg Meyer-Palmed, ed., *Sigmund Freud–Anna Freud. Correspondence, 1904-1938*, Polity Press, Cambridge, 2014; edición original en alemán de 2006. *Freud. Epistolario III, años 1010-1939*, trad. del inglés de Joaquín Merino Pérez, Ediciones Orbis, Barcelona, 1988. Haral Leupold-Löwethal, ed., *Sigmund Freud, 1856-1939*, Goethe-Institut, Múnich, 1972.
* Évariste Galois, *Oeuvres Mathématiques*, *Journal de Liouville 11* (1846, pp. 381-444). Reimpreso en Éditions Jacques Gabay, París, 1989. Felix Klein, *Lecciones sobre el desarrollo de la matemática en el siglo XIX*, José Manuel Sánchez Ron, ed., trad. de José Luis Arántegui, Crítica, Barcelona, 2006; edición original en alemán de 1926-1927.
11. La formulación estricta del quinto postulado es la siguiente: «Si una recta al incidir sobre dos rectas hace los ángulos internos del mismo lado menores que dos rectos, las dos rectas prolongadas indefinidamente se encontrarán en el lado en el que están los ángulos menores que dos rectos».
12. Los escritos y algunas cartas de Gauss sobre las geometrías no euclideas se reproducen en *Carl Friedrich Gauss Werke*, vol. VIII, *op. cit.* «Grundlagen der Geometrie», pp. 157-268.
13. El que Farkas Bolyai se refiriese al «undécimo axioma» en lugar de al «quinto postulado» debe tener que ver con la edición que manejaba de los *Elementos*. Es ilustrativo en este sentido lo que se lee en un libro clásico de Thomas L. Heath, el gran experto en la historia de la ciencia griega, *A Manual of Greek Mathematics* (Oxford University Press, Oxford, 1931): «Una notable diferencia entre el mejor y los peores manuscritos [de los *Elementos*] se encuentra en el número y disposición de los Postulados y Axiomas. Nuestras ediciones habituales, basadas en [Robert] Simson [geómetra escocés (1687-1768) que en 1756 publicó la primera edición en latín e inglés de los *Elementos* (sólo incluía los libros I-VI, XI y XII)], tenían tres Postulados y doce Axiomas. De los doce Axiomas, el undécimo (que todos los ángulos rectos son iguales) es, en el texto genuino, el cuarto Postulado y el duodécimo es el quinto Postulado (el Postulado de las paralelas). Los Postulados genuinos son, por tanto, cinco». Probablemente Farkas Bolyai utilizaba una edición del tipo de la mencionada por Heath.
14. El nombre de M. V. Ostrogradski es familiar para físicos y matemáticos debido a un teorema que lleva su nombre y que permite pasar de una integral sobre un volumen a una sobre la superficie que lo rodea.
* *Carl Friedrich Gauss Werke*, vol. VIII, B. G. Teuber in commission bei Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften, Leipzig, 1900. G. Waldo Dunnington, *Carl Friedrich Gauss, Titan of Science*, Hafner Publishing

Co., Nueva York, 1955. Christian A. F. Peters, ed., *Briefwechsel zwischen C. F. Gauss und H. C. Schumacher*, Esch, Altona, 1860-1863. Jeremy J. Gray, János Bolyai, *Non-Euclidean Geometry and the Nature of Space*, Burndy Library, Cambridge, Mass., 2004. Roberto Bonola, *Non-Euclidean Geometry. With a supplement containing «The Theory of Paralles» by Nicholas Lobachevski and «The Science of Absolute Space» by John Bolyai*, Dover, Nueva York, 1955. José María Montesinos Amilibia, «Las geometrías no euclídeas: Gauss, Lobachevsky y Bolyai», en *Historia de la Matemática en el siglo XIX, 1.ª parte*, Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid (1992, pp. 65-114).

* Felix Klein, *Lecciones sobre el desarrollo de la matemática en el siglo XIX*, José Manuel Sánchez Ron, ed., trad. de José Luis Arántegui, Crítica, Barcelona, 2006; edición original en alemán de 1926-1927. Ioan James, *Remarkable Mathematicians. From Euler to von Neumann*, Cambridge University Press, Cambridge, 2002. David E. Rowe, «Deine Sonia: A reading from a burned letter by Reinhard Bölling, translated by D. E. Rowe», *Mathematical Intelligencer 14* (3) (1992, pp. 24-30), reproducido en David E. Rower, *A Richer Picture of Mathematics. The Göttingen Tradition and Beyond*, Springer, 2018.

* William Grylls Adams, ed., *The Scientific Papers of John Couch Adams*, vol. 1, Cambridge University Press, Cambridge, 1896. Homero, *Ilíada V,* trad. de Luis M. Macía Aparicio y Jesús de la Villa Polo, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 2013.

* Philippe Nabonnand, ed., *La correspondance entre Henri Poincaré et Gösta Mittag-Leffler*, Birkhäuser, Basilea, 1999. G. Darboux, dir., *Oeuvres de Henri Poincaré*, tomo II, Gauthier-Villars, París, 1952. Felix Klein, *Lecciones sobre el desarrollo de la matemática en el siglo XIX*, José Manuel Sánchez Ron, ed., Crítica, Barcelona, 2006; edición original en alemán de 1926-1927.

* George Cantor, *Fundamentos para una teoría general de conjuntos. Escritos y correspondencia selecta*, José Ferreirós, ed., Crítica, Barcelona, 2005. Carlos Gómez Bermúdez, *Georg Cantor. Obra matemática*, Servizo de Publicacións Universidade da Coruña-Real Sociedad Matemática Española, La Coruña, 2019. Ernst Zermelo, ed., *Georg Cantor Gesammelte Abhandlungen. Mathematische und Philosophischen Inhalts*, Julius Springer, Berlín, 1932. Hermann Weyl, «Los grados de lo infinito», *Revista de Occidente 33*, n.º 98 (agosto de 1931). Renatus Ziegler, «Georg Cantor and Rudolf Steiner», *Newsletter. Science Group of the Anthroposophical Society in Great Britain* (marzo de 2000) S, pp. 3-6.

15. El Congreso de Filosofía de París de 1900 tuvo lugar del 1 al 5 de agosto. Fue el filósofo francés Louis Couturat quien invitó a Russell a participar en el congreso. La relación entre ambos se inició en 1897, cuando Russell publicó una reseña, algo crítica, de *De l'infini*

mathématique de Coutural y éste le escribió el 3 de junio de 1898 agradeciéndosela. Russell aceptó la invitación en una carta del 2 de julio de 1899, pero no se comprometió todavía con un título para su intervención. En una carta posterior le decía: «Podría tratar del infinito, las antinomias, y la aritmética […] o, además, de la noción de orden y series, incluyendo la continuidad, y los trabajos de Cantor. O también del análisis y la noción de cantidad. O, de nuevo, sobre la necesidad de posición absoluta en espacio y tiempo». Peano dedicó su conferencia (el 3 de agosto) a describir la nueva notación que había creado para la lógica simbólica de proposiciones. En su autobiografía, Russell también se refirió al impacto que le produjo escuchar a Peano: «El congreso supuso un punto crucial en mi vida intelectual, porque allí me encontré con Peano. Le conocía ya de nombre y había visto algo de su obra, pero no me había tomado la molestia de dominar su notación. En las discusiones del congreso, observé que siempre era más preciso que cualquier otro y que invariablemente se llevaba el gato al agua en cualquier discusión en que tomara parte. Al pasar los días, me dije que aquello debía obedecer a su lógica matemática. Por lo tanto, resolví pedirle todas sus obras. Me las entregó y, tan pronto como concluyó el congreso, me retiré a Fernhurst para estudiar sosegadamente cada una de las palabras escritas por él y sus discípulos. Fue claro para mí que su notación proporcionaba un instrumento de análisis lógico como el que yo buscara durante años, y que estudiándole estaba adquiriendo una nueva y poderosa técnica para la obra que deseaba realizar desde hacía mucho tiempo». Esa obra sería *Principia Mathematica*, que escribió con Alfred North Whitehead.

* Bertrand Russell, *Portraits from Memory and other Essays*, 1956, versión en español: *Retratos de memoria y otros ensayos*, trad. de Manuel Suárez, M. Aguilar, editor, Buenos Aires, 1960. I. Grattan-Guinness, *Dear Russell-Dear Jourdain*, Duckworth, Londres, 1977. Bertrand Russell, *Philosophical Papers, 1896-99*, Nicholas Griffin y Albert C. Lewis, eds., Unwin Hyman, Londres, 1990. *The Autobiography of Bertrand Russell*, vol. 1 (1872-1914), George Allen and Unvin LTD, Londres, 1967; traducción, Bertrand Russell, *Autobiografía*, trad. de Juan García Puente, Edhasa, Barcelona, 2010. Nicholas Griffin, ed., *The Selected Letters of Bertrand Russell. The Private Years, 1884-1914*, Routledge, Abingdon, 2002. *My Philosophical Developmente* (1959), trad. de Juan Novella Domingo: *La evolución de mi pensamiento filosófico*, Alianza Editorial, Madrid, 1976.

* James Essinger, *El algoritmo de Ada*, trad. de Pablo Sauras, Alba, Barcelona, 2015; edición original en inglés de 2014. Charles Babbage, *Passages from the Life of a Philosopher*, Longman, Green, Longman, Roberts, & Green, Londres, 1864. Simon Sebag Montefiore, *Escrito en*

la historia. Cartas que cambiaron el mundo, trad. de Gonzalo García, Crítica, Barcelona, 2019; edición original en inglés de 2018. Anthony Hyman, *Charles Babbage. Pioneer of the Computer*, Princeton University Press, Princeton, 1982.

* S. Feferman, J. W. Dawson, jr., W. Goldfarb, Ch. Parsons y W. Sieg, eds., *Kurt Gödel Collected Works*, vol. V («Correspondence H-Z»), Clarendon Press, Oxford, 2003. Miklós Rédie, dir., *John von Neumann: Selected Letters*, London Mathematical Society-American Mathematical Society, 2005. Kurt Gödel, *Obras completas*, Jesús Mosterín, ed., Alianza Editorial, Madrid, 2006. David Hilbert, «Problèmes futures des Mathématiques», en *Compte Rendu du Deuxième Congrès International des Mathématiciens tenu a Paris du 6 au 12 Août 1900*, Gauthier-Villars, París, 1902. John von Neumann, «The mathematician», en R. B. Heywood, dir., *The Works of the Mind*, University of Chicago Pres, Chicago, 1947. Paul Halmos, *I Want to Be a Mathematician*, Springer-Verlag, Nueva York, 1985.

* Miklós Rédie, dir., *John von Neumann: Selected Letters*, London Mathematical Society-American Mathematical Society, 2005.

* Donald J. Albers, Gerald L. Alexanderson y William Dunham, eds., *The G. H. Hardy Reader*, Cambridge University Press, Cambridge, 2015. G. H. Hardy, *Ramanujan. Twelve lectures on subjects suggested by his life and work*, AMS Chelsea Publishing-American Mathematical Society, Providence, Rhode Island, 2002. G. H. Hardy, «Srinivasa Ramanujan», *Proceedings of the London Mathematical Society 19*, XL-LVIII (1921). Robert Kanigel, *The Man who Knew Infinity. A life of the genius Ramanujan*, Scribners, Londres, 1991. Mark Kac, *Enigmas of Change*, Harper & Row, Nueva York, 1985.

* Karl Marx y Friedrich Engels, *Cartas sobre las ciencias de la naturaleza y las matemáticas*, trad. de Joaquín Jordá, Anagrama, Barcelona, 1975. M. Rubinstein, «Relations of Science, technology, and economics under capitalism, and in the Soviet Union», en *Science at the cross roads. Papers presented to the International Congress of the History of Science and Technology held in London from June 29th to July 3rd. 1931 by the delegates of the U.R.S.S.*, Frank Cass & Co, Londres (1931, pp. 43-66). Rudolf Virchow, «Public health services», en *Collected Essays on Public Health and Epidemiology*, vol. 1, Science History Publications, Canton, Mass., 1985.

* José Manuel Sánchez Ron, *Ciencia, política y poder. Napoleón, Hitler, Stalin y Eisenhower*, Fundación BBVA, Madrid, 2010. Zhores A. Medvedev y Roy A. Medvedev. *El Stalin desconocido*, Crítica, Barcelona, 2005; edición original en inglés de 2003. J. W. Boag, P. E. Rubinin y D. Schoenberg, eds., *Life and Letters of a Russian Physicist. Kapitza in Cambridge and Moscow*, North-Holland, Ámsterdam, 1990.

* J. W. Boag, P. E. Rubinin y D. Schoenberg, eds., *Life and Letters of a*

Russian Physicist. Kapitza in Cambridge and Moscow, North-Holland, Ámsterdam, 1990. B. P. Babkin, *Pavlov. A Biography*, The Chicago University Press, Chicago, 1949.
16. En diez de las cartas que Mileva envió a Albert durante su noviazgo y que se conservan, no hay prácticamente ninguna discusión científica, excepto unos comentarios a una clase de Philipp Lenard.
17. El mismo día, por cierto, también salieron a subasta en Christie's otros dos valiosos manuscritos de Einstein, relativos a su trabajo en la teoría de la relatividad: uno de 72 hojas que preparó en 1912 en el que resumía la teoría de la relatividad especial, y un manuscrito (26 páginas escritas por Einstein, 25 por Besso, más 3 escritas al alimón) preparado seguramente en junio de 1913, con adiciones posteriores, en las que intentaban calcular la variación del perihelio de Mercurio según la versión de la teoría relativista de gravitación que entonces manejaba Einstein (este manuscrito fue vendido por 398.500 dólares).
* John Stachel, ed., *The Collected Papers of Albert Einstein*, vol. 1 («*The Early Years, 1879-1902*»), Princeton University Press, Princeton, 1987. Martin J. Klein, Anne J. Kox y Robert Schulmann, eds., *The Collected Papers of Albert Einstein*, vol. 5 («*The Swiss Years. Correspondence, 1902-1914*»), Princeton University Press, Princeton, 1993. Diana Kormos Buchwald, Robert Schulmann, József Illy, Daniel J. Kennefick y Tilman Sauer, eds., *The Collected Papers of Albert Einstein*, vol. 9 («*The Berlin Years: Correspondence, January 1919-April 1920*»), Princeton University Press, Princeton, 2004. Albert Einstein, *Correspondencia con Michele Besso (1903-1955)*, Pierre Speziali, ed., trad. de Manuel Puigcerver, Tusquets, Barcelona, 1994. Erwin Schrödinger, *Über Indeterminismus in der Physik. Ist die Naturwissenschaft milieubedingt? Zwei Vorträge zur Kritik naturwissenschaftlichen Erkenntnis*, Barth, Leipzig, 1932. Las cartas entre Einstein y Maric, incluidas en el citado volumen 1 de *The Collected Papers of Albert Einstein*, se reproducen, traducidas al castellano, en José Manuel Sánchez Ron, ed., *Albert Einstein. Cartas a Mileva*, Mondadori, Madrid, 1990.
18. Eddington se refería aquí a los trabajos de Hermann Weyl sobre teorías del campo unificado, cuestión de la que me ocuparé en el capítulo siguiente.
19. Carta depositada en los Archivos Einstein, Universidad Hebrea de Jerusalén. Consulté este documento en la copia existente en la Universidad de Boston.
* Martin J. Klein, A. J. Kox y Robert Schulmann, eds., *The Collected Papers of Albert Einstein*, vol. 5 («*The Swiss Years: Correspondence, 1902-1914*»), Princeton University Press, Princeton, 1993. Robert Schulmann, Anne J. Kox, Michel Janssen y József Illy, eds., *The Collected Papers of Albert Einstein*, vol. 8, parte A («*The Berlin Years:*

Correspondance 1914-1917»), Princeton University Press, Princeton, 1998. Diana Kormos Buchwald, Robert Schulmann, József Illy, Daniel J. Kennefick y Tilman Sauer, eds., *The Collected Papers of Albert Einstein*, vol. 9 (*«The Berlin Years: Correspondence, January 1919-April 1920»*), Princeton University Press, Princeton, 2004. Albert Einstein, *Lettres a Maurice Solovine*, Gauthier-Villars, París, 1956. Albert Einstein, *Correspondencia con Michele Besso (1903-1955)*, Pierre Speziali, ed., trad. de Manuel Puigcerver, Tusquets, Barcelona, 1994.

* Ze'ev Rosenkranz, *The Einstein Scrapbook*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1998. Helen Dukas y Banesh Hoffmann, eds., *Albert Einstein. The Human Side*, Princeton University Press, Princeton, 1979. Robert Schulmann, Anne J. Kox, Michel, Janssen y József Illy, eds., *The Collected Papers of Albert Einstein*, vol. 8, parte B (*«The Berlin Years: Correspondance 1918»*), Princeton University Press, Princeton, 1998. Diana Kormos Buchwald, Ze'ev Rosenkrafz, Tilman Sauer y József Illy, eds., *The Collected Papers of Albert Einstein*, vol. 12 (*«The Berlin Years: Correspondence, January-December 1921»*), Princeton University Press, Princeton, 2009. Albert Einstein, *Mis ideas y opiniones*, Antoni Bosch, Barcelona, 1981. Alice Calaprice, ed., *The Quotable Einstein*, Princeton University Press, Princeton, 1996.

20. Estas cartas se conservan en el University College de Londres.

* J. Arthur Hill, ed., *Letters from Sir Oliver Lodge. Psychical, Religious, Scientific and Personal*, Cassell and Co., Londres, 1932. José Manuel Sánchez Ron, «Larmor versus general relativity», en H. Goenner, J. Renn, J. Ritter y T. Sauer, eds., *The Expanding Worlds of General Relativity*, Birkhäuser, Boston (1999, pp. 405-430). Oliver Lodge, *Past Years. An Autobiography*, Charles Scribner's Sons, Nueva York, 1932. Oliver Lodge, *My Philosophy. Representing my views on the many functions of the Ether of Space*, Ernest Benn, Londres, 1933.

* Richard P. Feynman, *¡Ojalá lo supiera!*, trad. de Javier García Sanz, Crítica, Barcelona, 2006; versión original de 2005. John Preskill y Kip S. Thorne, «Foreword», en *Feynman Lectures on Gravitation*, Brian Hatfield, ed., Addison-Wesley, Reading, Mass. (1995, pp. vii-xxx; p. xxvii).

* *The Life & Experiences of Sir Henry Enfield Roscoe, D.C.L., LL.D., F.R.S. Written by Himself*, MacMillan and Co., Londres, 1906. Gustav Kirchhoff, «Letter from Prof. Kirchhoff on the chemical analysis of the solar atmosphere», *Philosophical Magazine 21* (1861, pp. 185-188). Jean-Baptiste-André Dumas, «Sobre los descubrimientos de MM. Bunsen y Kirchhoff», *Revista de los Progresos de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales 11* (1861, pp. 481-485), publicado inicialmente en *Cosmos*, 1 de noviembre de 1861. William Huggins, «President address», en *Report of the sixty-first meeting of the British Association for the Advancement of Science (Cardiff)*, John Murray, Londres (1891, pp.

3-37).

21. Lo recuerdo como un hombre pacífico, profundo y considerado, en su despacho de Birkbeck, al que me había llevado mi director de tesis en el University College de Londres, Sigurd Zienau, para que le conociese.

* Martin J. Klein, Anne J. Kox y Robert Schulmann, eds., *The Collected Papers of Albert Einstein*, vol. 5 («The Swiss Years. Correspondence, 1902-1914»), Princeton University Press, Princeton, 1993. Diana Kormos Buchwald, József Illy, Anne J. Kox, Dennis Lehmkuhl, Ze'ev Rosenkranz y Jennifer Nollar James, eds., *The Collected Papers of Albert Einstein*, vol. 15 («The Berlin Years. Writings and Correspondence, June 1925-May 1927»), Princeton University Press, Princeton, 2018. A. S. Eve, *Rutherford, Being the Life and Letters of the Rt. Hon. Lord Rutherford, O. M.*, The Macmillan Co., Cambridge, 1939. Armin Hermann, Karl von Meyenn y Victor F. Weisskopf, eds., *Wissenschaftlicher Briefwechsel mit Bohr, Einstein, Heisenberg u. a. Band I: 1919-1929*, Springer-Verlag, Nueva York, 1979. Kalckar, Jorgen, ed., *Niels Bohr Collected Works*, vol. 6 (*Foundations of Quantum Physics I (1926-1932)*, North-Holland, Ámsterdam, 1985. Klaus Stolzenburg, ed., *Niels Bohr Collected Works*, vol. 5 (*The Emergence of Quantum Mechanics (mainly 1924-1926)*, North-Holland, Ámsterdam, 1984. K. Przibram, ed., *Letters on Wave Mechanics*, Vision, Londres, 1967. A. J. Kox, ed., *The Scientific Correspondence of H. A. Lorentz*, vol. 2 («The Dutch Correspondents»), Springer, 2018. Karl von Meyenn y José Manuel Sánchez Ron, «Erwin Schrödinger y la concepción estadística del mundo», *Sylva Clius 1*, n.º 3 (diciembre de 1987, pp. 3-23). Christ Talbot, ed., *David Bohm's Critique of Modern Physics. Letters to Jeffrey Bub, 1966-1969*, Springer, 2020.

* Matthias Dörries, ed., *Michael Frayn's Copenhagen in Debate. Historical Essays and Documents on the 1941 Meeting Between Niels Bohr and Werner Heisenberg*, University of California Press, Berkeley, 2005. Werner Heisenberg y Elisabeth Heisenberg, *My Dear Li. Correspondence, 1937-1946*. Anna Maria Hirsch-Heisenberg, ed., Yale University Press, New Haven, 2016. Victor Weisskopf, *The Joy of Insight. Passions of a Physicist*, Basic Books, Nueva York, 1991.

* Alice K. Smith y Charles Weiner, dirs., *Robert Oppenheimer. Letters and Recollections*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1980.

22. En 1933, Roosevelt ya había suscrito la creación de la Science Advisory Board (Junta Asesora para la Ciencia), a cuyo frente puso al físico Karl Taylor Compton, presidente del MIT.

* Michael B. Stoff, Jonathan F. Fanton y R. Hal Williams, *The Manhattan Project. A Documentary Introduction to the Atomic Age*, McGraw-Hill, Nueva York, 1991. Miklós Rédei, ed., *John von Neumann: Selected Letters*, American Mathematical Society/London

Mathematical Society, Providence, 2005. Alice K. Smith y Charles Weiner, dirs., *Robert Oppenheimer. Letters and Recollections*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1980. Robert C. Williams y Philip L. Cantelon, eds., *The American Atom. A Documentary History of Nuclear Policies from the Discovery of Fission to the Present, 1939-1984*, University of Pennsylvania Press, Filadelfia, 1984. Richard P. Feynman, *¡Ojalá lo supiera! Las cartas de Richard Feynman*, trad. de Javier García Sanz, Crítica, Barcelona, 2006; versión original en inglés de 2005.

* David E. Rowe y Robert Schulmann, eds., *Einstein on Politics. His Private Thoughts and Public Stands on Nationalism, Zionism, War, Peace, and the Bomb*, Princeton University Press, Princeton, 2013.

* Alice K. Smith y Charles Weiner, dirs., *Robert Oppenheimer. Letters and Recollections*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1980. Richard P. Feynman, *¡Ojalá lo supiera!*, trad. de Javier García Sanz, Crítica, Barcelona, 2006; versión original en inglés de 2005.

* Richard P. Feynman, *¡Ojalá lo supiera!*, trad. de Javier García Sanz, Crítica, Barcelona, 2006; edición original en inglés de 2005. Judith Goodstein, «A conversation with Hans Bethe», *Physics in Perspective 1* (1999, pp. 253-281). Brian Hatfield, ed., *Feynman's Lectures on Gravitation*, Addison-Wesley, Reading, Mass., 1995.

23. Pauli era austríaco y, tras la anexión de Austria por parte de Alemania en 1938, automáticamente obtuvo la nacionalidad alemana, lo que podría haberle planteado serios problemas en caso de que Alemania se anexionase Suiza, pues pertenecía a una familia judía, aunque había sido bautizado en la fe católica (Ernst Mach fue su padrino y, de hecho, su nombre completo era Wolfgang Ernst).

* Karl von Meyenn, ed., *Wolfgang Pauli. Wissenschaftlicher Briefwechsel mit Bohr, Einstein, Heisenberg u. a.*, vol. III (*1940-1949*), Springer-Verlag, Berlín, 1993. Max Born, *My Life. Recollections of a Nobel Laureate*, Charles Scribner's Sons, Nueva York, 1978. Armin Hermann, Karl von Meyenn y Victor F. Weisskopf, eds., *Wolfgang Pauli, Wissenschaftlicher Briefwechsel mit Bohr, Einstein, Heisenberg u. a.*, vol. I (*1919-1929*), Springer-Verlag, Nueva York, 1979. Victor F. Weisskopf, *The Privilege of Being a Physicist*, W. H. Freeman and Co., Nueva York, 1989.

* Carl A. Meier, *Wolfgang Pauli y Carl G. Jung. Un intercambio epistolar, 1932-1958*, trad. de Rosa Álvarez Ulloa, Alianza Editorial, Madrid, 1996; edición original en alemán de 1992.

24. Antes de Roosevelt y de Truman, otros presidentes de Estados Unidos habían tomado algunas acciones para fomentar o utilizar la ciencia y la tecnología. Así, por ejemplo, George Washington (1732-1799) promovió la primera Ley de Patentes; a comienzos del siglo XIX, Thomas Jefferson (1743-1826), muy interesado en la ciencia

(recuérdese su *Notes on the State of Virginia*, publicado en París en 1782), planeó y organizó una expedición, dirigida por Meriwether Lewis y George Roger Clark, para explorar los dominios bañados por el río Misuri, y estableció un departamento para preparar planos sobre las costas (el Coast Survey); profundamente interesado en la astronomía, John Quincy Adams, responsable de la creación de la Smithsonian Institution, defendió el establecimiento de «faros del cielo», así como la creación de una academia para la marina análoga a West Point, la academia de oficiales para el Ejército de Tierra.

* Vannevar Bush, *Science, The Endless Frontier. A Report to the President*, United States Government Printing Office, Washington D. C., 1945. G. Pascal Zachary, ed., *The Essential Writings of Vannevar Bush*, Columbia University Press, Nueva York, 2022. James R. Killian, jr., *Sputnik, Scientists, and Eisenhower. A Memoir of the First Assistant to the President for Science and Technology*, The MIT Press, Cambridge, Mass., 1977.

* Erasmo Recami, *The Majorana Case. Letters, Documents, Testimonies*, World Scientific, Singapur, 2020. Leonardo Sciascia, *La desaparición de Majorana*, trad. de Javier Villalba, Noguer, Barcelona, 1978.

* Richard Willstätter, *From My Life*, W. A. Benjamin, Nueva York, 1965. Dietrich Stoltzenberg, *Fritz Haber. Chemist, Nobel Laureate, German, Jew*, Chemical Heritage Press, Filadelfia, 2004. Fritz Stern, *Einstein's German World*, Princeton University Press, Princeton, 1999.

* Klaus Hentschel, dir., *Physics and National Socialism. An Anthology of Primary Sources*, Birkhäuser, Basilea, 1996. Roger H. Stuewer, «Nuclear physicists in the New World. The émigrés of the 1930s in America», *BerWissenschaftsgesch 7* (1984, pp. 23-40).

* Michael Eckert y Karl Märker, eds., *Arnold Sommerfeld Wissenschaftlicher Briefwechsel*, vol. 2 (1919-1951, Deutches Museum, GNT-Verlag, Berlín, Diepholtz-Múnich, 2004.

* Frank A. J. L. James, ed., *The Correspondence of Michael Faraday*, vol. 2 (1832-1840), The Institution of Electrical Engineers, Exeter, 1993. William Whewell, *An Account of His Writings with Selections from His Literary and Scientific Correspondence*, vol. II, MacMillan, Londres, 1876. Beatrice Bateson, *William Bateson, F.R.S., Naturalist. His Essays and Addresses together with a Short Account of His Life*, Cambridge University Press, Cambridge, 1928. Elof Axel Carlson, *Mendel's Legacy. The Origin of Classical Genetics*, Cold Spring Harbor Laboratories Press, Cold Spring Harbor, Nueva York, 2004. W. Wilks, ed., *Report of the Third International Conference 1906 on Genetics*, Royal Horticultural Society/Spottiswoode and Co., Londres, 1906.

* Vivien Perutz, ed., *What a Time I am Having. Selected Letters of Max Perutz*, Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, Nueva York, 2008. R. Olby, *Francis Crick. Hunter of Life's Secrets*, Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, Nueva York,

2008. J. Watson, *The Annotated and Illustrated Double Helix*, Alexander Gann y Jan Witkowski, eds., Simon & Schuster, Nueva York, 2012.
* Fuente: scarc.library.oregonstate.edu/coll/pauling.
* Clifford Mead y Thomas Hager, eds., *Linus Pauling, Scientist and Peacemaker*, Oregon State University Press, Corvallis, 2001. scarc.library.oregonstate.edu/coll/pauling. Linus Pauling, «Early days of molecular biology in the California Institute of Technology», *Annual Review of Biophysics and Biophysical Chemistry 15* (1986, pp. 1-9). Thomas Hager, *Force of Nature. The Life of Linus Pauling*, Simon & Schuster, Nueva York, 1995. Francis Crick, *Qué loco propósito. Una visión personal del descubrimiento científico*, trad. de Adela Goday y Pere Puichdomènech, Tusquets, Barcelona, 1989; versión original en inglés de 1988.
25. En *Ada o el ardor*, Nabokov mostraba otro aspecto de sus intereses científicos. El protagonista es un filósofo y psicólogo, Van Veen, que aparece desarrollando una teoría del tiempo. En la «Cuarta parte» de esa novela, en la que no faltan referencias a (Hermann) Minkowski, (Samuel) Alexander o, en una curiosa mezcolanza temporal, (Gerald) Whitrow, Van Veen discute el tiempo físico clásico, el bergsoniano, el einsteniano, así como su propia versión de qué es el tiempo. En un pasaje memorable, el protagonista, que reconoce no simpatizar con la teoría de la relatividad, manifiesta: «Ahora estamos preparados para enfrentarnos con el Espacio. Rechazamos sin remordimientos el concepto artificial de un tiempo viciado por el espacio, parasitado por el espacio, el espaciotiempo de la literatura relativista. Quien encuentre gusto en ello, puede sostener que el Espacio es la cara externa del Tiempo, o el cuerpo del Tiempo, o que el Tiempo está empapado de Espacio, o viceversa, o que, de determinada y curiosa manera, el Espacio es meramente un subproducto del Tiempo, o, mejor, su cadáver, o que, a fin de cuentas, el Tiempo *es* el Espacio; esa clase de parloteo puede resultar agradable, sobre todo cuando uno es joven; pero nadie conseguirá hacerme creer que el movimiento de un objeto (digamos, una aguja) a través de un determinado trozo de Espacio (digamos, la esfera de un reloj) sea algo de la misma naturaleza que el “paso” del Tiempo».
26. Sobre el placer de escribir decía que «Se corresponde exactamente con los placeres de la lectura, la dicha, la felicidad de una frase es compartida por escritor y lector: por el escritor satisfecho y el lector agradecido, o, lo que es lo mismo, por el artista agradecido a la fuerza desconocida de su espíritu que le ha sugerido una combinación de imágenes, y por el lector artístico a quien esa combinación satisface».
* 101 Dmitri Nabokov y Matthew J. Bruccoli, eds., *Vladimir Nabokov. Selected Letters 1940-1977*, Weidenfeld and Nicolson, Londres, 1990. Vladimir Nabokov, *Opiniones contundentes*, Taurus, Madrid, 1977;

edición original en inglés de 1973. Stephen Jay Gould, «No hay ciencia sin imaginación, no hay arte sin hechos: la lepidopterología de Vladimir Nabokov», en *Acabo de llegar*, trad. de Joandomènec Ros, Crítica, Barcelona, 2003; versión original en inglés de 2002. Vladimir Nabokov, *Ada o el ardor*, trad. de David Molinet, Anagrama, Barcelona, 2006, versión original en inglés de 1969. Javier Marías, *Desde que te vi morir: Vladimir Nabokov. Una superstición*, Alfaguara, Madrid, 1999.

27. Véase, por ejemplo, José Manuel Sánchez Ron, «Encuentros y desencuentros: relaciones personales en la JAE», en *100 años de la JAE. Centenario de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas*, José Manuel Sánchez Ron y José García-Velasco, eds., vol. 1, Publicaciones de la Residencia de Estudiantes, Madrid (2010, pp. 95-215); y José Manuel Sánchez Ron, *El país de los sueños perdidos. Historia de la ciencia en España*, Taurus, Madrid, 2020.

28. Las otras instituciones de las que me he ocupado son, además de la JAE, el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) y la Junta de Energía Nuclear, reconvertida en Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) a raíz de la Ley de la Ciencia de 1986. Véase José Manuel Sánchez Ron, *INTA. 50 años de ciencia y técnica aeroespacial*, Ministerio de Defensa/Doce Calles/INTA, Madrid, 1997; y Ana Romero de Pablos y José Manuel Sánchez Ron, *Energía nuclear en España. De la JEN al CIEMAT*, CIEMAT, Madrid, 2001.

29. José Manuel Sánchez Ron, *Miguel Catalán. Su obra y su mundo*, Fundación Ramón Menéndez Pidal-Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, 1994; *Blas Cabrera, científico español y universal*, Editorial Catarata-Real Sociedad Española de Física-Fundación Ramón Areces, Madrid, 2021.

30. José Manuel Sánchez Ron, «Cajal y la comunidad neurocientífica internacional», en *Santiago Ramón y Cajal. Premio Nobel 1906*, Juan Fernández Santarén, ed., Sociedad Estatal de Conmemoraciones Culturales, Madrid (2006, pp. 173-201); Juan Fernández Santarén y José Manuel Sánchez Ron, *Cajal. La España universal* (Accenture, Madrid, 2010). Juan Fernández Santarén y José Manuel Sánchez Ron, «Science and politics: Ramón y Cajal's intervention in Giuseppe Levi's 1934 liberation», *Journal of the History of the Neurosciences 18* (2009, pp. 137-149) y «Ramón y Cajal's intervention and the 1934 liberation of Giuseppe Levi: two new documents», *Journal of the History of the Neurosciences 19* (2010, pp. 367-368); Juan Fernández Santarén, Anne Kox y José Manuel Sánchez-Ron, «Beyond disciplinary borders: H. A. Lorentz and S. Ramón y Cajal», *Archives Internationales d'Histoire des Sciences 64* (2015, pp. 497-521). Sobre la pérdida de cartas de Cajal, véase Juan Antonio Fernández Santarén, *Santiago Ramón y Cajal.*

Epistolario, La Esfera de los Libros-Fundación Ignacio Larramendi, Madrid (2014, pp. 33-41).

31. Publicado en *The Expanding Worlds of General Relativity*, vol. 7 de *Einstein Studies*, Birkhäuser, Boston (1999, pp. 405-430). He utilizado partes de este artículo en el capítulo 55.

32. La historia de esa cátedra se detalla en José Manuel Sánchez Ron y Thomas F. Glick, *La España posible de la Segunda República: la oferta de una cátedra extraordinaria en la Universidad Central (Madrid, 1933)*, Editorial de la Universidad Complutense, Madrid, 1983, y Thomas F. Glick y José Manuel Sánchez-Ron, «Science frustrated: the "Einstein Institute" in Madrid», *Minerva 44* (2006, pp. 355-378).

33. Mi carta, así como la respuesta de Peierls, se reproducen en Sabine Lee, *Sir Rudolf Peierls. Selected Private and Scientific Correspondence*, vol. 2, World Scientific, Singapur (2009, pp. 839-840).

34. Finalmente, conseguí un puesto de profesor adjunto (luego se denominarían «titulares») numerario en el Departamento de Física Teórica de la Universidad Autónoma de Madrid, donde he desarrollado toda mi carrera, incluso después de conseguir una cátedra de Historia de la Ciencia.

35. John Archibald Wheeler y Richard Philips Feynman, «Interaction with the absorber as a mechanism of radiation», *Reviews of Modern Physics 17* (1945, pp. 157-181), y «Classical electrodynamics in terms of direct interparticle action», *Reviews of Modern Physics 21* (1949, pp. 425-433). En realidad, el contenido de estos artículos procedía del trabajo que los autores habían realizado en torno a 1941-1942; los artículos se publicaron en números de *Reviews of Modern Physics* dedicados a homenajear a Niels Bohr y Albert Einstein, respectivamente. La tesis doctoral de Feynman, *The Principle of Least Action in Quantum Mechanics* (1942), estaba dedicada a estudiar cómo se podía definir el principio de mínima acción en mecánica cuántica, como paso previo a determinar el correspondiente hamiltoniano que se podría cuantizar. La idea era basarse en una electrodinámica parecida a la que estaba considerando junto a Wheeler; en este sentido, se lee en la tesis: «Se ha hecho cada vez más evidente que, antes de que se pueda desarrollar una electrodinámica cuántica satisfactoria, será necesario desarrollar una teoría clásica capaz de describir cargas sin estructura interna. Se han desarrollado muchas de estas [teorías], pero en esta tesis nos ocuparemos de la teoría de acción a distancia producida en 1941 por J. A. Wheeler y el autor». La tesis de Feynman se reproduce en Laurie M. Brown, *Feynman's Thesis. A New Approach to Quantum Theory*, World Scientific, Singapur (2005, p. 2).

36. J. E. Hogarth, *Particles, fields, and rigid bodies in the formulation of relativity theories*, tesis doctoral, University of London (octubre de

1953); «Cosmological considerations of the absorber theory of radiation», *Proceedings of the Royal Society of London A 314* (1962, pp. 365-383). Sobre la teoría (estrictamente teorías) de Hoyle y Narlikar, véase su libro *Action at a Distance in Physics and Cosmology*, W. H. Freeman and Co., San Francisco, 1974.

37. Fred Hoyle, «A new model for the expanding universe», *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 108* (1948, pp. 372-382); Hermann Bondi y Thomas Gold, «The steady-state theory of the expanding universe», *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 108* (1948, pp. 252-270).

38. Erwin Schrödinger, «Die gegenwärtige Situation in der Quantenmechanik», *Die Naturwissenschaften 23* (1935, pp. 807-812, 823-828, 844-849). Albert Einstein, Boris Podolsky y Nathan Rosen, «Can quantum mechanical description of physical reality be considered complete?», *Physical Review 47* (1935, pp. 777-780).

39. Max Born, *The Einstein-Born Letters, 1916-1955*, Macmillan, Nueva York (2005, p. 155).

40. Ernst Straus, en *Some Strangeness in the Proportion. A Centennial Symposium to Celebrate the Achievements of Albert Einstein*, Harry Woolf, ed., Addison-Wesley, Nueva York (1980, pp. 483-484).

41. El alemán Ernst Gabor Straus (1922-1983) fue uno de los jóvenes, matemáticos preferentemente, pero también físicos teóricos (de origen judío) de los que Einstein se sirvió para que le ayudasen en los complejos cálculos asociados, sobre todo, a las teorías de campo unificado que propuso en Princeton. Además de Straus, fueron éstos: el inglés Banesh Hoffmann (1906-1986); el berlinés de padres rusos Valentine Bargmann (1908-1989); el también berlinés Peter Bergmann (1915-2002), que se doctoró; el polaco Leopold Infeld (1893-1968), y la física teórica Bruria Kaufman (1918-2010).

Querido Isaac, querido Albert. Una historia epistolar de la ciencia
José Manuel Sánchez Ron

Av. Diagonal, 662-664, 08034 Barcelona (España) Crítica es un sello editorial de Editorial Planeta, S. A.
www.ed-critica.es
www.planetadelibros.com

Primera edición en libro electrónico (epub): febrero 2023

ISBN: 978-84-9199-513-5 (epub)

Conversión a libro electrónico: Acatia
www.acatia.es